

第二編

材 料 論

第二編 材料論

第一章 膠着材料 (Cementing materials)

第一節 膠着材料ノ種別.

混凝土ノ原料トシテ使用シ得ベキ膠着材料ハ石灰 (Lime), 水硬石灰 (Hydraulic lime), 「ポッゾー ラン」膠灰或ハ火山灰 (Puzzolan cement or Volcanic ash), 天然膠灰 (Natural cement) 及「ポートランドセメント」 (Portland cement) ノ數種トス内石灰ノ種類ハ特殊ノ場合ノ外混凝土ノ原料トシテ使用スルコト尠ク天然膠灰ハ本邦ニ於ケル產額極メテ乏シキノミナラズ其性質一定セザルヲ以テ一時的ノ場合ノ外之ヲ利用セズ(米國ニテハ盛シニ之ヲ使用ス)火山灰ハ耐水質混凝土殊ニ海中工事ニ應用スルモ其範圍未ダ甚ダ大ナラズ獨リ「ポートランドセメント」ニ至リテハ其品質等一ニシテ價格亦適當ナルノミナラズ本邦ニ於ケル製產額豊富ニシテ其供給凡テ内國品ニテ充分ナルヲ以テ專ラ混凝土原料トシテ採用セラル故ニ本編ニ於テ混凝土ノ性質強度等ヲ論ズル專ラ「ポートランドセメント」ニ限リ他ノ材料ニ至リテハ僅カニ其要點ヲ摘記スルニ止メント欲ス。

第二節 石灰 (Limes).

石灰ニ二種アリ一ヲ肥石灰 (Fat lime) 一ヲ瘠石灰 (Meagre lime) ト云フ今純良ナル石灰石, 白堊等ヲ攝氏八百度乃至千度ノ溫度ニ熱スル時ハ炭酸石灰鹽 (Carbonate of lime, CaCO_3) 中ヨリ炭酸瓦斯 (Carbon dioxide CO_2) ヲ放散シ酸化「カルシウム」 (Calcium oxide, CaO) 即チ肥石

灰ヲ得ベシ是レニ重量約三分一ノ水ヲ加フルトキハ石灰ハ熟化(Stake)シテ水化石灰(Calcium hydrate, $\text{Ca}_3\text{H}_2\text{O}_2$)ヲ生ジ原容積ノ二倍乃至三倍ニ膨脹ス此狀態ニアルモノヲ名ケテ灰黏(Paste)ト云フ灰黏ハ水中ニアリテハ決シテ硬化スルコトナキモ空氣中ニアリテハ漸次炭酸ヲ吸收シ再び炭酸石灰鹽ノ硬質原狀ニ復歸スペシ然レドモ肥石灰ハ能ク水ニ溶解シ然モ其凝結ノ性ヲ缺クヲ以て一般膠泥トシテ必要ナル工事ニハ之ヲ避ケバ専ラ漆喰用若ク人造「セメント」ノ原料トシテ使用セラル、コト多シ。瘠石灰ハ化學的作用ニ乏シク水硬性(Hydraulicity)ヲ有セザル砂類ヲ含有シ熟化ノ作用モ遠ク肥石灰ニ及バズ從ツテ混擬土若クバ鐵筋混擬土用トシテハ何等ノ關係ヲモ有セザルモノナリ。

第三節 水硬石灰 (Hydraulic limes).

天然及人造ノ二種アリ何レモ水中ニアリテ硬化(Set)スル性質ヲ有ス此性質ハニ粘土中ニ含有セル硅酸(Silicate)ノ存在ニ歸因ス人造水硬石灰ハ「エッケル」(Eckel)氏ノ説ニ依レバ炭酸石灰 86,8%, 硅酸 13,2% ヲ適當ノ分量ナリトセリ去レド此種ノ天然石灰石ハ猶遙カニ多クノ硅酸ヲ有シ石灰ノ量ハ 55% 乃至 65% ニシテ硅酸ノ量時ニハ 25% ニ至ルモノアリ水ヲ加フル時ハ其熟化石灰ニ比シテ極メテ遲緩ニシテ膨脹ノ度又其三分ノ一ニ達セズ然カモ灰黏トシテ長ク存在セシムルコト能ハズ何トナレバ「セメント」ノ如ク水中ニ硬化シ其硬化亦比較的急速ナレバナリ水硬石灰ハ歐州殊ニ佛國ニ於テ水硬「セメント」(Hydraulic cement)ノ代料トシテ使用セラル、モ本邦ニアリテハ殆ンド未ダ其應用セラレタルモノアルヲ聞カズ。

第四節 火山灰 (Volcanic ashes).

「ポッゾウラナ」(Pizzolana),「トラス」(Trass),「サントリン」(Santorin earth),「アレーン」(Arene)等ノ各種ヲ總稱シテ火山灰ト云フ何レモ火山ヨリ噴出シタル粘土ニシテ其主要分ハ硅酸及礬土(Alumina)ヲ含有シ色ハ茶褐色,鼠色,赤色,白色等アリ何レモ石灰ト混捏セバ水中ニ於テ硬化スペキ性質ヲ有ス古代羅馬ニテハ盛シニ之ヲ使用シタル形迹アリ本邦ニアリテモ伊豆天城山御殿場附近,肥前ノ五島,唐津附近,大分,輕井澤,奈須山ノ附近ニ產出シ現今九州火山灰會社,日本火山灰會社等ニテ精製販賣シ後者ハ更ニ鑛滓(Slag)ト混合セル「スラッグ」火山灰ヲモ製造セリ今兩者火山灰ノ成分ヲ見ルニ大凡第一表ノ如シ。

第一表

火山灰分拆表									
種類	灼熱減量	硅酸 内可溶性	酸化銻 酸化 錫	酸化 鈦 鐵	礬土	石灰	苦土	亞爾 加里	硫酸
九州火山灰	11,48	41,67	19,99	14,25	0,20	26,91	1,09	0,82	4,12
スラッグ火山灰	7,03	38,34	?	11,44	0,75	22,05	14,73	0,21	0,33

火山灰ハ夫レ自身ニテ硬化スルモノニアラズ之ニ石灰若クバ「ボートランドセメント」ヲ加フル時ハ可溶性硅酸(Soluble silica)ト石灰若クバ「セメント」内ノ游離石灰(Free lime)トハ互ニ相化合シテ硅酸石灰(Silicate of lime)ヲ生ズルモノナリ其化合スル狀態ハ種々ナルヲ以テ必ズシモ石灰ノ量ヲ一定スルコト能ハズト雖モ九州火山灰會社ガ其試驗方法トシテ仕様スル所ニ依レバ火山灰一分「ボートランドセメント」二分ノ調合物ニ砂九分ヲ加ヘタルモノヲ以テ標

準耐伸強ヲ検定スペキモノトセリ獨國「ミハエリス」(Michaelis) 氏及佛國「フェレー」(Férel) 氏ハ何レモ海水工事ニアリテ火山灰ヲ「ポートランドセメント」ニ加フルハ頗ル有效ナルコトヲ立證セリ。

火山灰ノ荷造ハ何レモ呑入ニシテ壹呑約 2.5 乃至 2.7 才トス。

米國ニ於テ「スラッグセメント」(Slag Cement) トシテ販賣セルモノハ鐵滓及水化石灰ノ混合物ニシテ未ダ本邦ニ輸入セラレタルコトナシ。

漆喰土又ハ敲キ土ト稱シ服部長七氏ノ特許ヲ得タルモノハ亦此種類ニ屬シ花崗石ノ分解シタル砂泥ヲ混ゼシ一種ノ天然土ニシテ愛知, 岡山, 愛媛, 廣島ノ各縣ニ產出シ其容量約八分ト石灰二分トヲ混捏セバ能ク硬化スルノ性質ヲ有ス廣島縣下宇品港, 愛媛縣下三ヶ濱築港堤防等ニ使用シテ成績良好ナリシト云フ。

第五節 天然膠灰 (Natural Cement).

其外容及效用ハ水硬石灰ト異ナラザルモ石灰ノ如ク熟化スル爲メニ膨脹スルコトナシ從ツテ大氣中ニテ凝結スル時ハ其收縮極微ナリ其性質ハ「ポートランドセメント」ト同ジク良好ナルモノハ水濕ノ處ニアリテハ强度ヲ要スルモノニモ之ヲ使用スルコトヲ得ベシ 20% 乃至 40% ノ粘土ヲ含有スル白雲石ヲ煅キテ得タルモノニシテ重量ニ於テ 25% ノ水ヲ加フル時ハ其量ヲ增加セズシテ割合ニ早ク硬化シ歲月ヲ経ルニ從ヒ其硬度天然石ト異ナラザルニ至ル米國ニテハ盛シニ之ヲ市場ニ販賣セリ英國ニテ所謂「ローマンセメント」(Roman Cement) 若クバ「パークースセメント」(Parkers Cement) ト稱スルハ亦天然膠灰ノ一種ニシテ倫敦粘土(London clay) ト稱シ 35% 乃至 45% ノ粘土ヲ有スル「セメント」石ヲ低キ熱度ニ煅キテ得

タルモノナリ之ヲ灰黏トセバ凡ソ十五分以内ニ凝結スルモ應張力弱シ故ニ水中工事ニアリテ强度ヲ要セズシテ然カモ迅速ニ凝結スルヲ欲スル場合ニ之ヲ使用シ得ルノ利益アリ。

本邦ニ於ケル天然「セメント」ノ產地ハ甚ダ乏シク僅カニ佐渡羽茂郡及越中射水郡等ニ過ギズ從ツテ製品トシテ現今市場ニ販賣セルモノ殆ンドコレナシト云フコトヲ得ベシ。

要スルニ天然「セメント」ノ良好ナルモノハ之ヲ「ポートランドセメント」ニ代用シ得ベシト雖ドモ其性質不定ニシテ硬化ノ度亦一定セズ從ツテ一々其檢定ヲ施スニアラザレバ初メヨリ其强度性質等ヲ信用スルコト能ハザルナリ。

第六節 「ポートランドセメント」(Portland Cement).

「ポートランドセメント」或ハ人造「セメント」ニ關シテハ明治四十二年十二月農商務省告示ヲ以テ其定義ヲ明カニセリ即チ

「ポートランドセメント」トハ主成分トシテ硅酸礬土酸化鐵ヲ含有スル原料及石灰ヲ或一定ノ割合ニテ親密ニ混和シ之ヲ殆ンド熔融セントスル迄熱灼シタル後碎粉シテ細末ト爲シタルモノヲ云フ。

今其發達ノ歴史ヲ尋ヌルニ千八百二十四年英國リーズ(Leeds)市ノ煉瓦製造者「ジョセフアスピデン」(Joseph Aspdin) ナル者偶々水硬「セメント」性ノ膠着材料ヲ發見シ其外容同國「ポートランド」島ヨリ產出スル魚鱗石(Oolitic limestone)ニ酷似セルニ因ミ「ポートランドセメント」ト命名セシニ初マル最モ佛國ニアリテハ已ニ千八百二十年「ヴィカ」(Vicat) 氏ガ同種「セメント」ヲ發明セシモ未ダ其特許ヲ求メザリシト云フ「ポートランドセメント」ノ製法ハ爾來數多ノ

改良ヲ重ネ今日ニアリテハ殆ド理想的完全ノ域ニ達シタリト云フ可ク「ベッセマー」(Bessemer)式及「オープシハース」(Openhearth)式製鋼法ト共ニ實ニ十九世紀工業界ノ終焉ヲ飾ルベキ不朽的材料ヲ供給シタルモノト云ハザル可ラズ本邦ニアリテハ明治初年土木寮「セメント製造所」東京深川區清住町ニ起シ同七年之ヲ工部省ニ引繼ギ同省出仕宇都宮三郎氏ヲ歐米ニ派遣シ其製法ヲ研究セシメ同氏歸朝ノ後其業漸々緒ニ就クコトヲ得同十七年之ヲ淺野氏ニ賣渡シタリ更ニ明治十四年小野田ニ於テ小野田「セメント」會社ノ設立セラル、アリ爾來各地ニ其業起リ今日ニ至リテハ其製造所ノ數二十ヲ算スルニ至リケ年ノ製產力五百萬樽其價格三千數百萬圓ニ垂ント斯實ニ本邦ニ於ケル重要工業品ノ一タルコトヲ失ハズ。

「セメント」ノ原料ハ72%乃至77%ノ石灰石ト20%乃至25%ノ粘土トヲ混シ之ヲ高熱度ニ熱灼シタルモノニシテ其結果60%乃至65%ノ石灰ト20%乃至25%ノ粘土、5%ノ阿爾加里苦土、二酸化鐵等ヲ含有スルモノヲ得ベシ「ポートランドセメント」ノ優良品ハ一ニ其原料碎粉ノ程度及完全等一ナル調合ノ如何ニ依リテ定マル。

其原料混和ノ方法ニ二アリ一ヲ濕式(Wet process)一ヲ乾式(Dry process)トス本邦ニ於テハ重ニ乾式ヲ採用ス燒窯ノ種類ハ德利式(Dome kiln)「ディッシュ式」(Dietsch kiln)「シェーファー式」(Shöfer kiln)「ホフマン式」(Hoffmann kiln)及回轉式(Rotary kiln)等アリ近來漸次回轉窯ヲ用フルモノ多ク本邦ニアリテモ小野田、淺野、日本、佐賀、大阪、土佐、磐城、北海道、木津川、櫻等各會社ニ於テ之ヲ採用セリ長サ六十呎乃至百呎直徑六乃至八呎ノ回轉窯ヲ用フル時ハ一日ノ產額約二百樽

乃至三百樽ヲ得ベシト云フスクテ燒窯ヨリ取出シタル鑄滓(Clinker)ハ是ヲ「ボールミル」(Ball mill),「コミニューター」(Kominuter),「ケントミル」(Kent mill),「ディスイシテグレーター」(Disintegrator)及「ロール」(Roll)等各碎粉機ニ依リテ細粉トシ更ラニ「チューブミル」(Tube mill),「グリッフィンミル」(Griffin mill),「ハンチングトンミル」(Huntington mill)等ヲ使用シテ最後ノ製品ヲ得ベシ斯クテ其製品ハ能ク之ヲ風化シ袋詰又ハ樽詰トナシテ市場ニ販賣ス一樽ノ容積約四才其重量三百八十封度ト定ム今本邦ニ於ケル主要セメントニ就キテ大正二年五月ノ試驗ニ係ル分析表ヲ示セバ第二表ノ如シ。

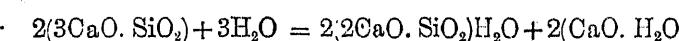
第二表

社名	本邦首要「セメント」化學分析表							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	熱減量	總計
三河	21.48	7.83	2.84	62.34	0.76	1.48	2.70	99.43
愛知	23.12	7.89	3.96	60.48	0.79	1.76	1.44	99.44
三重	21.46	7.77	2.86	62.28	0.81	1.50	2.46	99.14
東亞	23.36	7.21	3.53	59.51	0.93	2.04	2.35	98.93
大阪	22.90	7.11	3.26	60.31	1.33	2.10	2.10	99.11
木津川	21.36	6.68	3.36	62.76	0.92	0.84	3.76	99.68
櫻	25.31	7.48	3.29	58.67	0.93	1.39	1.82	98.89
淺野	23.88	6.63	2.68	60.62	0.86	1.45	3.29	99.41
小野田	22.61	6.68	2.88	63.38	1.20	1.85	1.24	99.34
日本	24.09	7.47	3.92	60.18	1.47	2.38	3.15	99.16
鈴木	21.08	6.96	3.00	60.31	1.68	2.43	3.54	99.00
北海道	22.53	5.66	2.41	60.75	1.54	1.12	5.56	99.57
土佐	22.05	6.83	2.61	60.96	1.30	1.14	3.28	98.17
中央	23.11	6.93	2.60	60.80	0.88	1.74	3.43	99.44
佐賀	21.87	6.80	2.92	62.88	1.87	1.31	2.44	99.54

「ポートランドセメント」トシテ最モ必要ナル性質ハ適當ニ之ヲ處理シタル時ハ或時日ヲ經過シタル後ニ於テ或定强度ニ達スルモノナラザル可ラズ將來ニ涉リ外界ノ接觸物ニ依リテ其形狀或ハ容積ヲ變化シ若クバ漸次其强度ヲ失フガ如キ化合物ヲ含有シ若クバスクリノ如キ不可抗力ノ状態ニアル可ラズ此等ノ性質ヲ判定スル爲メニハ相當ノ試験ヲ施シテ之ヲ確ムルノ必要アリ。

第七節 「ポートランドセメント」硬化ノ原理

「ポートランドセメント」ニ水ヲ加フル時其硬化スルノ理由ニ關シテハ學說區タニシテ一定セザルモ要スルニ今日迄未ダ確立セル定說ナシト云フヲ至當ナリトス「ミハエリス」(Michaelis)博士ガ千八百六十九年最初ニ發表シタル說ニ依レバ水中ニ於テ「ポートランドセメント」ノ硬化スル首要成分ハ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ナル形ヲ有スル硅酸石灰ノ水加物(Hydrosilicate of lime) 及 Ca(OH)_2 ナル形ヲ有スル水酸化石灰(Hydroxide of lime) ヨリ成ルトシ千八百九十四年「ル・シャトリエ」(Le Chatelier)氏ハ「セメント」ノ硬化ヲ三石灰硅酸鹽(Tricalcium Silicate)ノ加水分解トシ次式ニテ表ハシ得ベシトセリ。



千九百九年「ミハエリス」(Michaelis)博士更ニ其前說ヲ改メ硬化ノ首要部分ハ膠質狀態(Colloidal state) タルベシトシ殊ニ硅酸石灰ノ膠質狀態ヲ形成スルモノトセリ千九百十年「ステルン」(Stern)氏ハ之ヲ解説シテ「セメント」ノ粉末ガ水ト接觸スル時ハ最初膠質狀態ノ性質ヲ有スル甚ダ細長キ針狀態ヲ以テ掲合ヒ時日ノ經過ト共ニ順次結晶體ヲ生ズベク其首要ナルモノハ炭酸石灰、水酸化カルシウム特ニ「アルミニ酸鹽」(Aluminate)ニシテ恐ラクバ硅酸ノ加水物モ亦

此内ニ含有セラルベキモノナリト結論セリ。

第八節 「ポートランドセメント」検定法

「ポートランドセメント」ノ試験方法ニ關シテハ明治三十八年二月十日農商務省告示第三十五號ヲ以テ政府ニ於テ需用スル場合ノ方法ヲ發布シ更ニ明治四十二年十二月告示第四百八十五號ヲ以テ追加及改正ヲ施シタリ其全文ハ掲ゲテ之ヲ卷末ニ附セリ則チ此發布ニ依リテ本邦「セメント」ノ試験法ハ漸ク一定シ諸官廳其他一般ノ需用者ハ此方法ニ準據シテ「セメント」ノ可否ヲ決スル者多シ故ニ次下其法文ノ解釋ニ關シ日本「ポートランドセメント」業技術會ニ於テ議決シタル解說法ヲ參照シ更ラニ其必要ナル方法順序等ニ關スル要點ヲ極メテ簡單ニ説述スベシ。

第九節 比重

若シ「セメント」ガ生燒ナルカ若クバ多クノ不純物ヲ含有スル時ハ其比重ヲ低下スベシ其檢定ハ「マン」(Mann),「キート」(Keate),「シューマン」(Schumann),「カンドロー」(Candlot) 各氏ノ比重計アルモ「ル・シャトリエ」(Le Chatelier)式最モ一般ニ使用セラル、ガ如シ其比重ハ空氣中ニ乾燥シタルモノト之ヲ熱灼シタルモノトニ依リテ異ナリ千九百十年普魯西王立材料試驗所ノ報告ニ據レバ各々一百ノ供試品ニ就キ上記二種ニ分チテ之ヲ檢定シ甲ハ其平均 3.08 乙ハ其平均 3.2 ノ結果ヲ得タリ試ミニ本邦ニ於ケル「セメント」ニ就キ大正二年五月ニ試験シタル比重ヲ擧グレバ第三表ノ如シ。

第三表

本邦首要「セメント」ノ比重及容重(一リートルニ付 Kg)								
社名	三河	愛知	三重	東亞	大阪	木津川	櫻	淺野
比重	2,99	3,06	3,06	3,04	3,05	2,99	3,06	3,06
容重	1,017	1,048	1,070	1,018	1,028	1,110	1,111	1,078
社名	日本	鈴木	北海道	土佐	中央	佐賀	小野田	
比重	3,01	3,00	2,94	2,99	3,03	2,98	3,15	
容重	1,074	1,005	1,065	0,970	1,090	0,928	1,89	

曾テ容重ノ大ナル「セメント」ハ良好ノモノナリト考ヘタル時代アリシモ粉末ノ程度細微ナル程其强度ハ大ニシテ然カモ細粉ナル程容重ハ小ナルベキノ理ナルヲ以テ「セメント」ヲ使用スル方面ノミヨリ云ヘバ容重ノ如何ハ其强度ト殆ンド無關係ノモノナルガ如ク從ツテ殊ニ容重試験ヲ行フノ必要アルヲ認メズコレ農商務省告示中ニモ特ニ容重ニ就キテノ條文ヲ缺ケルノ理由ナル可シ。

第十節 粉末ノ程度

完全ニ焼灼セラレタル「セメント」焼滓(Clinker)ハ其質堅硬ニシテ生焼ノモノハ柔軟ナリ從ツテ堅キモノハ粉碎シ難ク屢々粗大ナル粉末ヲ存シ柔カキモノハ容易ニ微細ナル状態トナルベシ而シテ完全ニ焼煅セル「セメント」ノ强度ハ使用後歲月ト共ニ其强度ヲ増加スルモ其强弱ノ度ハ又其粉碎ノ程度如何ニ依リ細粉トナル程其强度大ナリ何トナレバ細粉ナル程各分子間ノ接觸面ヲ増加スペケレバナリ故ニ近來其粉末ノ程度(Fineness)ニ對スル要求ハ倍々峻酷ヲ極ムルノ傾向アルモ其程度ハ亦製造ノ費用ト伴ハザル可ラ

ルヲ以テ農商務省告示第二條ニ明示セル如キ限度ヲ指定セシモノトス。

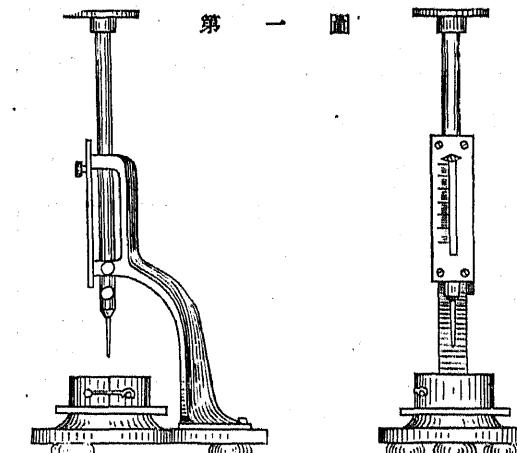
本試験ヲ行フニハ毎回「セメント」百「ダラム」ヲ秤取シ輕ク篩ノ框ヲ敲打シテ篩過セシメ毫モ其漏出セザルニ至リ始メテ篩ヒ方ヲ止メ篩底ノ殘滓ヲ秤量シ二回以上ノ平均數ヲ算出スベシ猶篩ノ孔眼及針金ノ太サハ豫メ之ヲ精査シテ本條ノ規定ニ適合スルヤ否ヤヲ檢スルヲ要ス大正二年五月本邦ニ於ケル「セメント」ニ就キテ檢定シタル結果第四表ノ如シ。

第四表

本邦首要「セメント」ノ粉末程度						
社名	一平方cmニ於ケル篩孔					
	900	1600	2500	4900	6200	9700
三河	0	1,5	4,5	10,0	14,0	22,0
愛知	0	2,0	5,5	11,0	13,5	20,0
三重	0,5	4,0	9,5	16,5	19,0	24,0
東亞	0	1,5	3,5	10,0	15,5	18,5
大阪	0,2	2,5	5,5	11,0	15,5	23,5
木津川	0,5	3,5	7,5	15,5	18,0	24,5
櫻	1,0	3,5	9,5	17,0	21,0	27,0
淺野	0,2	3,5	7,0	17,0	20,0	28,5
日本	0,5	5,0	9,5	15,0	19,5	28,0
鈴木	0	2,0	4,0	10,5	15,0	24,5
北海道	1,5	8,0	15,0	23,0	27,0	31,5
土佐	0,5	3,0	8,0	17,0	21,0	25,0
中央	0	1,5	3,5	8,0	12,0	19,0
佐賀	1,0	6,0	12,0	19,0	24,5	33,0
小野田	0,6	2,8	6,9	14,5	17,0	23,0

第十一節 凝結ノ時間.

「セメント」ニハ緩結性(Slow Setting)及急結性(Quick setting)ノ二種アリ其急緩ノ時間ニ關シテハ各國其限度ヲ異ニスト雖モ一般ニハ三十分以内ニ於テ凝結ヲ始ムモノヲ以テ急結性ト見做シテ大差ナシ鐵筋混凝土用トシテハ一般ニ緩結性ノモノノミヲ使用スルコト多シ其時間ノ検定ニ使用スペキ稠度計ハ農商務省規定中ニ之ヲ明示セザルモヴィカ一(Vicat)式ヲ用ウルモノニシテ其形第一圖ノ如シ。



第一圖

溫度ノ高低ニ依リ「セメント」ノ凝結ニ遅速アルハ動カス可ラザルノ事實ニシテ溫度高ケレバ凝結ヲ促進シ低ケレバ遲緩ナラシム故ニ規定ニハ記載ナキモ凝結検定ニハ必ラズ標準溫度ヲ定メザル可ラズ即チ供試「セメント」ノ溫度ハ勿論試驗室內ノ空氣及水ノ溫度ニ至ルマデ攝氏十五度乃至十八度ノ範圍中ニ於テ本検定ヲ施行スペシ猶冬期試驗室內ノ溫度ヲ高メントスル爲メ炭火等ヲ焚ク場合ニテ以上ノ溫度ヲ保持スルト同時ニ絶エズ水蒸氣ヲ發生セシメ空氣ノ乾燥ヲ過度ナラシメザルコトニ注意スペシ。

大正二年五月本邦ニ於ケル「セメント」ニ就キテ凝結ノ時間ヲ測定シタル結果第五表ノ如シ。

第五表

社名	水量 (百分率)	空氣ノ溫度(攝氏)			凝結ノ始時分	凝結ノ終時分
		調合ノ時	凝結ノ始期	凝結ノ終期		
三河	27.0	16.8°	20.0°	22.2°	4 18	6 41
愛知	25.5	21.6	23.5	23.0	2 50	4 48
三重	26.5	21.6	23.5	23.0	2 49	3 34
東亞	26.0	21.6	23.5	23.0	2 39	4 40
大阪	28.0	21.6	23.5	23.0	2 14	4 04
木津	25.5	21.6	23.5	23.0	2 43	4 28
川櫻	26.0	21.6	23.5	23.0	2 03	4 13
淺野	25.0	23.0	25.8	26.4	3 34	5 10
日野	25.5	23.0	26.4	27.0	4 10	5 55
鈴木	25.5	23.4	25.4	26.4	2 02	5 00
北海道	25.0	23.8	25.4	26.0	2 14	3 44
佐土	25.0	23.8	25.9	26.4	2 58	4 43
中央	27.0	28.5	30.2	31.4	1 33	3 50
佐賀	25.5	15.0	18.8	18.5	5 44	9 09
小野田	25.5	—	—	—	3 51	6 38

第十二節 膨脹性龜裂.

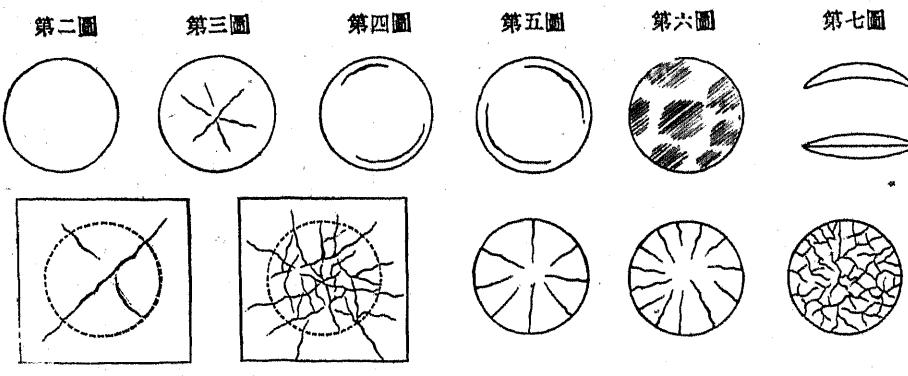
農商務省告示中ニハ浸水法ヲ指定シ其検定時日ヲ猶豫シ得ザル場合ニ於テ沸煮法ニ據ルベシトセリ。

本試驗ヲ施行スルニ方リ屢々膨脹性龜裂ト收縮性裂縫トヲ混同シ共ニ有害ナルガ如ク誤認スル者アリ殊ニ注意ヲ要ス。

膨脹性龜裂ハ工事上不測ノ災害ヲ釀スペキ虞アル甚ダ危險ナル性質ヲ有シ凝結ヲ終リタル後凝固體ニ變化ヲ來スモノニシテ容積ノ膨脹ヨリ來ル而シテ收縮性裂縫トハ饅頭形態ガ未ダ凝結

セザル前ニ急激乾燥若クバ取扱上ノ不注意等ニヨリテ生ズルモノニシテ供試體ノ中央ニ於テ裂縫ヲ來シ周邊ニ於テハ何等異状ヲ認メズシテ膨脹性龜裂トハ全ク關係ナキ別現象ナリ要スルニ試験ノ際此二者ヲ區別スルハ最モ肝要ナルコトニシテ前者ハ多ク供試體ヲ水中ニ浸漬セル後ニ起リ後者ハ其浸水前ニ生ズルモノナルコトヲ記憶スペシ。

猶其鑑別ニ便ナラシムル爲メ尤モ普通ニ起ルベキ裂縫龜裂ノ狀態ヲ舉グレバ第二圖以下第十二圖ニ示スガ如シ。



第二圖ハ完全ナル狀態ニ於ケル饅頭形態ヲ示ス。

第三圖ハ「セメント」ノ收縮ヨリ來ル裂縫ニシテ急速ナル乾燥若クバ過剰ナル水ヲ使用シタル時生ズ。

第四圖及第五圖ハ「セメント」ノ膨脹ヨリ來ル裂縫ニシテ饅頭形態ノ一部ガ玻璃版ヨリ剥ぐル時生ジ殊ニ海水ヲ使用シタル場合ニ多シ但シ之ニ類似セル現象ニシテ往々收縮ヨリ來ルコトアリ其鑑識ハ充分ナル經驗家ニ判定ヲ依頼スペシ。

第六圖ハ饅頭形態ノ表面ニ汚點ヲ生ゼルモノニシテ「セメント」ニ不純物多キカ若クバ生焼キノ結果ナリ從ツテ其原因ノ研

究ヲ要ス。

第七圖ハ膨脹ノ結果玻璃版ヲ離レシ形ニシテ其歪曲ノ度著シキ時ハ危險ナリ。

第八圖及第九圖ハ「セメント」ノ饅頭形態餘リニ緻密強固ナル時玻璃版ニ對スル附著力ガ玻璃版自身ノ強度ヨリモ超過セル爲メ其版上ニ生ズル裂縫ヲ示ス水中ニ浸漬セルモノニ起リ必ズシモ「セメント」ノ危險性ヲ示スモノノミニハアラズ石灰ノ量多キ時ハ屢々此現象ヲ呈スルコトアリ。

第十圖ハ膨脹龜裂ノ最初ノ徵候ヲ示ススクノ如キハ既ニ其「セメント」ノ危險ナルヲ表ハスモノトス。

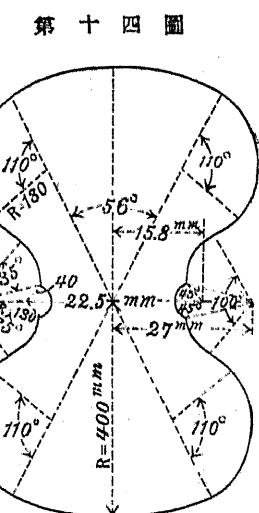
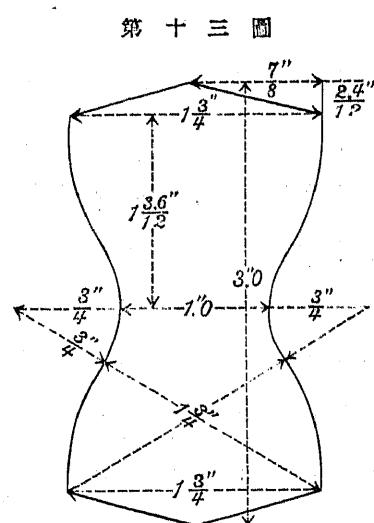
第十一圖及第十二圖ハ膨脹龜裂ノ充分ニ顯ハレタル場合ヲ示ス。

本邦ニ於ケル首要「セメント」ニ就キテ大正二年五月沸煮及海水浸漬試験ヲ施シタルモノアルモ其成績ニ於テ龜裂若クバ歪曲ヲ生ジタルモノアルヲ以テ特ニ避ケテ茲ニ掲載セズ要スルニ「セメント」ノ膨脹龜裂ハ其使用上最モ危險ナルモノニシテ必ズ其試験ヲ實行スルコト必要ナリトス。

第十三節 耐伸强度

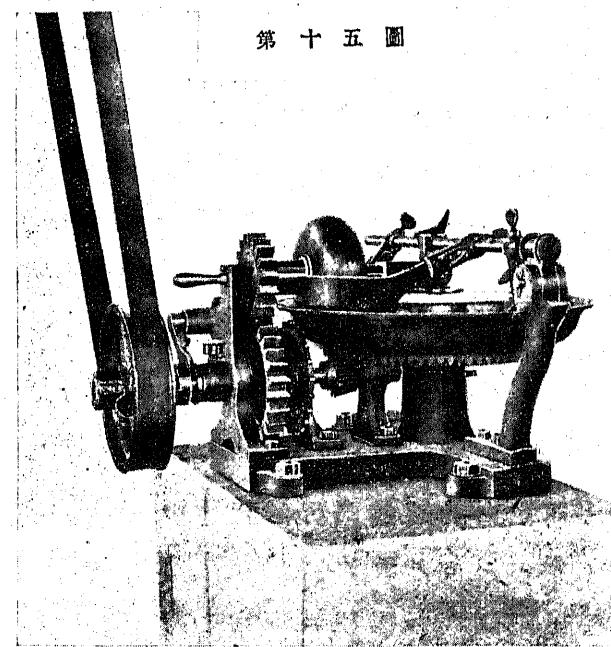
「セメント」及膠泥ノ耐伸强度(Tensile strength)ハ又最モ必要ナル検定法ノ一ナリ其供試體ノ製作法ハ農商務省告示第五條ニ明示セルガ如シ其模型ハ本邦ニ於テ使用スルモノ英國式及獨國式ノ二様アリ其形第十三圖及第十四圖ノ如シ農商務省告示中ニアル模型ハ第十四圖乃チ獨逸式ニ屬スルモノナリ。

其混捏ノ完全ナルト否トハ强度ニ影響スルコト尠カラス故ニ



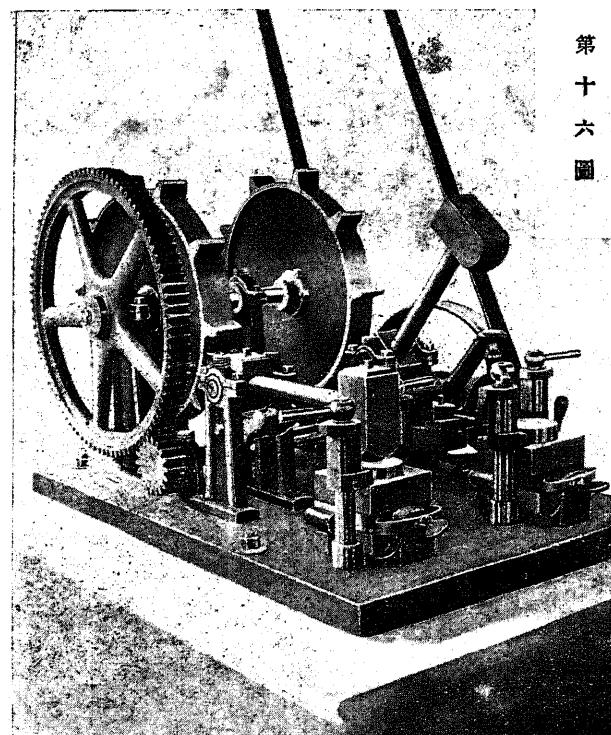
供試料ハ凡ソ五分間能ク混捏シ殊ニ膠泥ハ水ヲ注和スル前ニ砂トセメントトヲ不同ナキ様豫メ充分混和シ置クヲ要ス第十五圖

第十五圖



ニ示セル者ハ京都帝國大學工科大學ニ備付ケタル混捏機ニシテ「シュタインブリック」(Steinbrück)型ニ屬スルモノナリ尙ホ手工法ニ依ル型詰ハ充分ナル敲打ヲ施スペシ告示中ニ所謂機械法ニ依ルモノハ「ペーメ」式鐵槌器

第十六圖



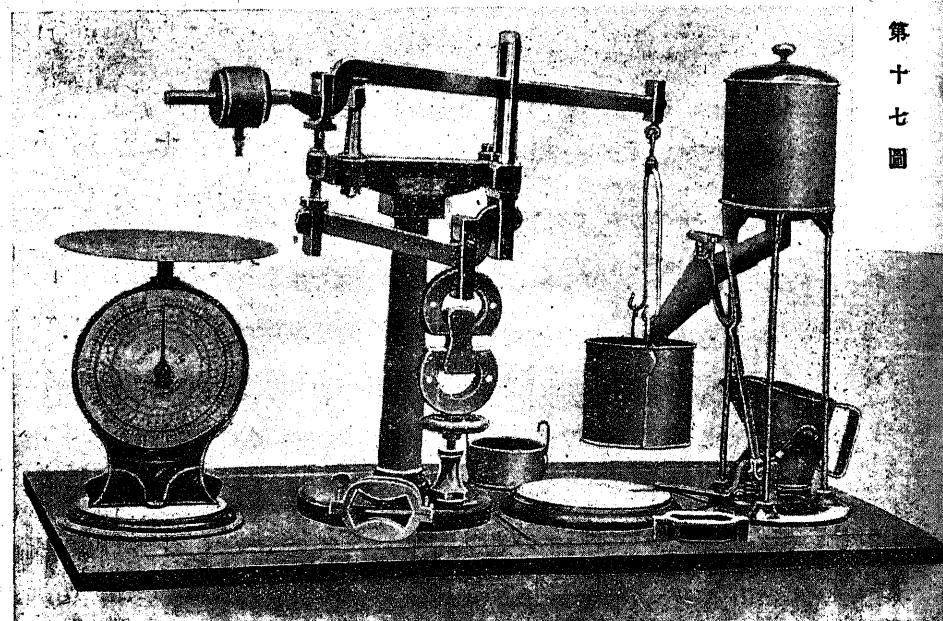
(Böhme's hammer)ヲ使用スルモノニシテ第十六圖ハ京都帝國大學工科大學ニ備付ケタル二連式同鐵槌器ヲ示スモノナリ。

猶本條ニ於テ供試體ノ靜置時間ヲ二十四時間ト規定セルハ攝氏十五度乃至十八度ノ溫度ニ於テハ適當ナル

モ冬季沰寒ノ場合ニハ溫度ノ降下ヲ防グ様注意スルカ又ハ供試體ノ靜置時間ヲ適當ニ延長シ以テ凝結ヲ完全ナラシメタル後浸水スベシ。

告示中試驗器ハ二重樋杆式ノモノヲ以テ標準トストアリテ其名稱ヲ明記セザルモ第十七圖ノ如ク專ラ「ミハエリス」式(Michaelis Cement testing machine)ヲ用フルモノニシテ英國式ノ供試體ヲ試驗スル場合ニハ「フェーアバンク」式(Fairbank's Cement testing machine)ヲ使用スルモノトス。

本邦ニ於ケル首要セメント及膠泥(Mortar)ノ耐伸強度ハ本編第十章ニ於テ論述スペキヲ以テ茲ニ之ヲ掲載セズ。



第十七圖

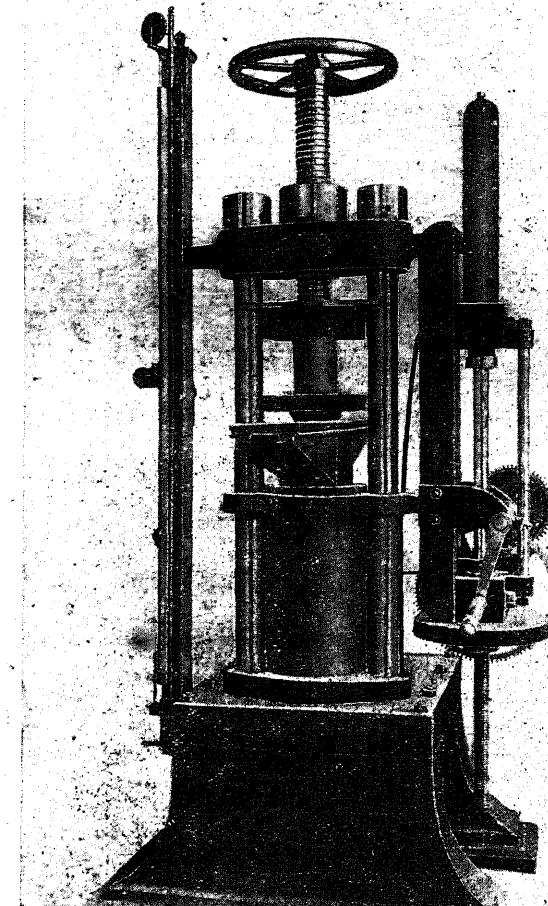
猶「セメント」及膠泥ノ强度ハ歲月ト俱ニ増加スペク其增加ノ割合ハ四週間ニ至ルマデハ急激ニ進行スルモ四週間後ニアリテハ極メテ遲緩ナリ是レ四週間後ノ强度ヲ以テ大體「セメント」若クバ膠泥ノ强度ト定ムル所以ナリ其詳細ハ更ニ本編第十章ヲ参照スベシ。

第十四節 耐壓强度

普通ノ場合ニハ検定法ノ簡易ナル爲メ耐伸検定ノミヲ行フコト多シト雖モ實際ニハ寧ロ「セメント膠泥」ノ耐壓强度 (Compressive strength) ハ必要缺ク可ラザル検定法ノ一ナラザル可ラズ米國ニアリテハ一般ニ耐壓强度ノ検定ヲ行ハザルモ獨佛ニアリテハ必ラズ之ヲ施行セリ夫レ膠泥ノ耐伸強ト耐壓強トノ間ニハ一定ノ關係アルガ如ク〔フェレー〕(Féret) 氏ハ此關係ヲ認メズト云ヘリ「バウ

シンガー(Bauschinger)氏ハ $\frac{\text{耐壓強}}{\text{耐伸強}} = 7-11$ ナリトシ「ジエー.ビー.ジョンソン(J. B. Johnson)氏ハ「テトマイヤー」(Tetmajer)氏ノ實驗セル三千箇ノ供試體平均ヨリ 1:3 膠泥ニ對シテハ $\frac{\text{耐壓強}}{\text{耐伸強}} = 8,64 + 1,8 \log. A$ (Aハ膠泥製作後ノ月數)ナリトシ千九百八年米國「セントルイス」市(St. Louis) 公立材料試驗所ノ報告ニ據レバ 1:3 ノ膠泥ニ對シテハ $\frac{\text{耐壓強}}{\text{耐伸強}} = 6,6 + 2,3 \log. A$ ナリトシ「カンドロー」(Candlot) 氏ハ重量ニ

テ「セメント」1 = 對シ砂ノ約 2 乃至 10 = 於ケル種々ノ比例ニ於テ $\frac{\text{耐壓強}}{\text{耐伸強}} = 6,8 - 11,3$ ナルコトヲ見出シタリ此等ノ實驗ニ依ルニ大約耐壓強ハ耐伸強ノ七八倍ヲ下ラザルコトハ明カナル事實ナリサレバ農商務省告示中ニモ耐伸強一平方「サンチメートル」ニ付 16 kg ナルニ對シテ耐壓強ハ 120kg 以上ト制定セリ猶本邦首要「セメント」膠泥



第十八圖

ニ於ケル實驗ノ結果ハ本編第十章ニ於テ之ヲ詳論スペシ。

耐壓強供試體ノ製作ハ「ベーメー式鐵槌器ニ附屬セル模型ニ依ルヲ宜シトス試驗器ハ本邦ニアリテハ專ラ「アムスラ・ラッフォン式」(Amsler Laffon's Testing machine)ヲ使用ス第十八圖ニ於テ京都帝國大學工科大學ニ備付ケタル同試驗機ヲ示セリ。

第十五節 苦土及硫酸ノ定限。

化學的検定ハ石灰,硅酸其他ノ定量ヲ測定スペキハ勿論ナルモ就中苦土及硫酸(SO_4)ノ定量外ニ超過スルモノハ往々「セメント」ノ性質不同ナルコトヲ示スモノナルヲ以テ特ニ告示第六條ニ於テ之ヲ制定セリ今其検定法ニツキ日本「ポルトランドセメント」同業技術會ノ法文解釋ヲ次ニ摘記スペシ。

苦土ハ石灰沈澱ノ濾液(若シ此液ノ容積過多ナルトキハ之ヲ湯浴上ニ蒸發シテ凡ソ 150 立方 cm トナスベシ)ヲ能ク冷却シ磷酸「アムモニア」ノ飽和液20立方cm許ヲ滴和シ同時に硝子棒ニテ能ク攪拌シ數時間(一夜放置スルヲ可シトス)冷所ニ靜置スルノ後濾過シ熾熱シテ $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ トナシテ之ヲ定量スペシ。

但シ苦土多量ナル場合ニ於テハ石灰沈澱ノ濾液ヲ徐々ニ磷酸「アムモニア」飽和液中ニ注和スペシ。

硫酸ヲ定量スルニハ供試「セメント」約 1「グラム」ヲ 15 立方 cm 許ノ鹽酸ニ溶解シ湯浴上ニ蒸發乾固スルノ後更ニ 15 立方 cm 許ノ鹽酸ト 50 立方 cm 許ノ水ヲ注和シテ濾過シ其殘滓ヲ能ク洗滌シ濾液ヲ沸煮シ之ニ約 10 立方 cm ノ飽和鹽化「バリュム」(鹽化「バリュム」液モ別ニ小「ビーケル」中ニ煮沸シ置クヲ可トス)ヲ注和シ尙煮沸ヲ繼續シテ能ク沈澱ノ構成スルヲ俟テ一夜間放置シ硫酸「バリュム」

ノ沈澱ヲ濾別シ熾熱シテ之ヲ秤定スペシ云々。

第二章 混凝料 (Aggregate).

第一節 混凝料ノ種類.

「セメント」構造物ノ或强度ヲ得ルガ爲メニ純「セメント」ノミヲ使用スルコトハ獨リ其價格ノ不廉ナルノミナラズ天然ノ現象ニ抵抗スルノ力却ツテ薄弱ナリ故ニ混疑料トシテ或適度ノ硬度ヲ有スル砂砂利若クバ碎石等ヲ混合シ所謂膠泥若クバ混疑土トシテ之ヲ使用スルヲ得策ナリトス鐵筋混疑土工事ニ對シテハ是等混疑料ノ選擇ハ其目的ニ應ジテ充分ナル注意ヲ要スペク如何ニ「セメント」ノ量ヲ多クシ如何ニ良好ナル性質ノモノヲ使用スルモ混疑料ニシテ脆弱且ツ劣等ナルモノナラシメバ其構造物ハ又貧弱タルヲ免レザルベシ。

混疑料トシテ使用シ得ベキ材料ノ種類ハ次ノ如シ。

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. 砂 (Sand) | a. 天然ノモノ若クバ碎石屑 (Brokenstone Screenings) ヨリ篩取セシモノ。
b. 人造的ノモノニシテ鑛滓 (Slag) ヲ粉碎シテ得タルモノ。 |
| 2. 砂利 (Gravel) | 川砂利若クバ山砂利。 |
| 3. 碎石 (Broken stone) | a. 花崗石 (Granite), 玄武岩 (Basalt), 石灰石 (Limestone) 等天然石ヲ碎キテ得タルモノ。
b. 人造的ノモノニシテ煉瓦混疑土片ヲ破碎シテ得タルモノ。 |
| 4. 淳渣 (Remnant) | 灰 (Ash), 「コークス」 (Coke), 鑛滓 (Slag) 等。 |

混捏ニ使用スル水モ亦或意味ニ於テ混疑料ノ一種ト見做スコトヲ得ベシ。

以上各種材料ノ意義ヲ更ニ明カニ區別セバ砂ハ極メテ微細ナルモノヨリ小豌豆大ノ粗粒ニ及ビ天然ニ存在スルモノハ山砂, 川砂若クバ海砂ノ凡テヲ含有ス石英 (Quartz) 質ヲ良シトシ碎石ヨリ得タルモノハ其原石ノ種類ニ依リ石英砂, 灰砂, 輕石砂, 花崗砂, 玄武砂, 白雲砂等ノ名稱ヲ與ヘ得ベシ人造的ニ得ルモノハ只鑛滓ヲ粉碎シタルモノ一種ニ止マル豌豆形ヨリモ大ナル石粒ハ之ヲ砂利ト云フ去レド總稱的ニハ砂ヲ混入セル砂利ヲ指スコトアリ砂利ニハ山砂利ト川砂利トアリ。

碎石ハ砂利ニ代用スルモノニシテ天然石若クバ人造石ヲ破碎シ其原石堅硬ナルモノヲ擇ブ最モ一般ニ使用セラル、モノハ花崗石 (Granite) 石英石 (Quartzite), 硬砂石 (Graywacke), 綠石 (Green stone), 角閃石 (Hornblende), 玄武石 (Basalt), 脈岩 (Trap), 石灰石 (Limestone), 大理石 (Marble) 及砂石 (Sandstone) 等ニシテ粗面石 (Trachyte) ノ如キ硝子質ノモノハ不適當ナリ何レモ手若クバ碎石機ニテ破碎ス大ナル强度ヲ要セズシテ然カモ輕量ナルヲ欲スル處ニアリテハ屢々煉瓦片, 鑛滓 (Slag), 「コークス」 (Coke) 等ヲ使用スルコトアリ。

第二節 砂 (Sand).

砂ハ砂利若クバ碎石内ノ空隙ヲ填充シ混疑土ニ要スル「セメント」ノ量ヲ節約スル爲メ使用スルモノニシテ粘土 (Clay), 沃土 (Loam) 及有機物 (Organic matter) ヲ含有スルコト少ナク堅硬緻密ニシテ強靭ナル質ヲ具フルヲ要ス耐久質ノモノハ凡テ其使用ニ堪フベキモ就中石英質ヲ最良トス砂ハ山砂, 川砂ノミニ限ラズ人工的ニ得

タル花崗砂、玄武砂等ヲモ使用シ得ベキモ硫黃質ヲ含有スルモノハ凡テ之ヲ忌避スベシ。

從來重要ナル工事仕様書中ニハ砂粒ノ形狀角銳ナルベキヲ指定シタルモノ渺カラザルモ近來ノ實驗ニ依レバ深ク此點ニ注意スルノ必要ナキガ如シ角銳ナル砂ハ圓粒ノモノヲ使用スルニ比シテ其膠泥若クバ混擬土ノ強度ハ稍々高キヤノ感ナキニアラザルモ然カモ其粒ノ大小或ハ大小粒成分ノ割合ガ與フベキ影響トハ到底比較スペクモアラズ加之ノミナラズ若シ粒ノ大サ同ナル時ハ角銳ナルモノ程其空隙ノ割合多ク圓粒ノモノニ比シテ同一ノ密度(Density)(實質ノ量ガ混擬土ノ全量ニ於ケル比)ヲ得ルニハ多クノ「セメント」ヲ使用セザル可ラズ實驗ノ結果ニ據ルニ膠泥及混擬土ノ強度及水密度(Impermeability)ハ其密度ヲ増スニ從ヒテ増加スペク從ツテ或配合ニ於テ一定ノ「セメント」ト混合シタルトキ膠泥ノ最少量ヲ生ズベキ砂ハ最モ適當ナル種類ナリト斷定セザルベカラズ即チ强度、水密度及經濟上ノ各點ヨリ最モ良キ砂ハ等一ノ粒ヲ有スルモノヨリモ細粒ト粗粒トノ混合ヨリ成ルモノ其空隙最少ニシテ却ツテ粗粒ノミノ砂ヨリモ有效ナルベク細粒ノミノ砂ハ最モ劣レルモノト云ハザル可ラズ即チ粗粒ノモノハ或單位容積内ニ於ケル粒ノ全表面積少ナク從ツテ其粒ヲ包ムベキセメント少ナクシテ然カモ全體ノ空隙ヲ填充スペキ「セメント」ノ量多カルベク細粒ノモノハ「セメント」及水ノ增加スル丈ケ其膠泥ノ密度ヲ減ジ從ツテ强度亦小ナルノ理ナリ假令バ純セメントノ密度ハ0.5乃至0.6ニシテ細粒ノ砂ヲ使用セル膠泥ハ0.6、粗粒若クバ細粗混合粒ノモノハ0.75ニ達スルコトヲ得ベシ。

佛國「コンミッショソ」(French Commission)ニテハ試驗ニ於ケル砂ノ標準ヲ明カニスル爲メ $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ ノ篩孔ヲ通過スペキ凡テノ粒ヲ含ミタルモノヲ砂ト稱シ更ニ小別シテ粗砂(Coarse sand)トハ其篩孔5mmト2mmトノ間ニ殘留スルモノ細砂(Fine sand)トハ0.5mmノ篩孔ヲ通過セルモノ、中砂(Medium sand)トハ0.5mm及2mmノ間ニ殘留スペキモノト指定セリ獨逸ニテハ豌豆大迄ノモノヲ砂ト稱シ其徑約7mmニ達シ其以上ハ凡テ之ヲ砂利ト稱ス。

粘土ノ小量ガ砂若クバ砂利ニ混入セルコトハ膠泥若クバ混擬土ノ強度ニ有害ノ結果ヲ與フルコトナシトハ近來ノ實驗ニ依リテ之ヲ證明セラレタリ千九百三年米國「シエルマン」教授(Prof. Sherman)ノ實驗ニ據ルニ砂ノ15%ニ至ル迄粘土ノ種々ノ割合ニ於テ作リタル1:3膠泥ヲ試驗シタルニ七十二ノ試驗片中僅カニ五片丈ケ毫モ不純物ヲ含有セザルモノ、應張強度以内ニ落下シタリト云フ從ツテ氏ハ15%迄ノ粘土若クバ沃土ハ膠泥ノ原料トシテ無害ナルベシト論述セリ故ニ施工地ノ附近ニテ得ベキ砂中ニ多少ノ不純物ヲ含有スル時ハ之ヲ使用スル前豫メ洗滌セル砂ト比較セル實驗ヲ施シ其經濟ト伴フテ或程度迄ハ多少ノ不純物ヲ有セル儘之ヲ使用スルモ差支ナカルベシ但シ阿爾加里若クハ酸類ト接觸シ來リタルモノハ一切之ヲ拒絶セザル可ラズ。

植物性有機物ヲ含有スル砂ハ其砂粒ヲ藉ハレ膠泥ノ粘着力ヲ妨グ其硬化ヲ遲滯セシムルヲ以テ洗滌シタルモノニ非レバ之ヲ使用スルコト能ハズ石炭ノ細粒ヲ混入セル砂ハ其割合28%迄ハ強度ニ著シキ差違ヲ呈セズ夫ヨリ以上漸次其強度ヲ減ジ遂ニ100%ニ至リテ清淨ナル砂ト比シテ其強度約五分ノ一ニ過ギザルニ至ル

ベシト云フ。

砂中ニ雲母片 (Mica) ヲ含有スルトキハ砂粒間ノ空隙ヲ増加シ膠泥ノ強度ヲ減少スペキコトハ千九百七年米國「ウオリス」(Willis) 氏ノ實驗ニ徵スルニ初メ 37% ノ空隙ヲ有スル砂ニ漸次雲母ヲ增加スルニ從ヒ其空隙ヲ増加シ遂ニ 20% ヲ加フルニ至リテ其空隙 67% ニ達シ之ヲ混捏スルニ要スル水量約三倍ニ上リ 1:3 ツ膠泥ニ於ケル四週間後ノ應張力雲母 2.5% ニ對シ三分ノニニ、雲母 10% ニ對シ九分ノ四ニ減少スルヲ見ル即チ其強度ノ減少ハ全ク密度ノ減少ニ基クモノナルコトヲ知ルベシ。

砂ヲ洗滌スルコトヲ要スル場合ニハ其所要量多カラザレバ蛇管ヨリ水ヲ放射セシメテ之ヲ行フベク其量多キトキハ洗砂器ヲ使用スル方便利ナルベシ時トシテハ混捏土混合機ヲ洗砂器ニ代用スルコトアリ。

海砂ハ全ク其鹽分ヲ洗滌シタルモノニ限リ之ヲ使用シ得ベシ凡テ玻璃管内ニ砂ヲ入レ清水ニ依リテ之ヲ攪拌スルモ汚濁ヲ生ゼザルモノハ一般ニ良好ナル砂ナルモ然ラザルモノハ一應其性質ノ全班ヲ検定セザル可ラズ。

第三節 砂利及碎石。

砂ノ外粗質混捏料トシテハ砂利及碎石 (Gravel and Brokenstone) 尤モ一般ニ使用セラル何レモ不純物ヲ含有スルコトナク堅硬ニシテ耐久質ノモノタルベク混捏土ノ強度ガ此等混捏料ノ強度ニ依リテ限定セラルベキ程度ノモノナラザル可ラズ脈岩、花崗石、石英等最モ一般ニ使用セラレ砂石、燧石、石灰石等之ニ次グ凡テ柔軟ニシテ扁平若クハ細長ナル粒ノ多量ヲ含有スルモノハ其使用ニ適セズ。

他ノ狀態同一ナル時ハ石粒ノ大ナルモノニテ作レル混捏土ハ強度大ニシテ其質緻密ナリ石粒ノ小ナルモノハ其被覆面大ニシテ所要セメントノ量多シ石粒ノ大小混合セルモノハ空積ノ量最小ナルヲ以テ膠泥ヲ要スルコト最モ少ナシ故ニ一般ニハ種々ノ大サヲ包括セル石粒ヲ使用シ其細粒ヲシテ等布的ニ粗粒ノ空積ヲ填充セシムル様充分ナル混捏ヲ施シタルモノハ密度大ニシテ強度亦比較的大ナルベシ。

鐵筋混捏土ニ使用スペキ砂利若クハ碎石ノ最大粒ハ經驗上直徑 1" 乃至 $1\frac{1}{2}$ " ヲ限度トス何トナレバ大粒ヲ含ム混捏土ハ充分ニ鐵筋ノ周圍ヲ包圍スルニ不便ナレバナリ床若クハ薄キ壁ニシテ小直徑ノ鐵筋ヲ並列シテ使用スルトキ及ビ鐵筋ヨリ混捏土ノ緣端ニ至ル距離小ナルトキハ徑 $\frac{1}{2}$ " 乃至 $\frac{3}{4}$ " ノ篩孔ヲ通過シタルモノヲ使用スペシ。

本編第十一章ニ論ズ可キガ如ク粒ノ大ナル砂利若クハ碎石ヲ使用シタル混捏土ハ其強度大ナルヲ以テ差支ナキ處ニアリテハ割合ニ粒ノ大ナルモノヲ使用スルニ如カズ即チ鐵筋混捏土ノ應壓層ニアリテハ一般ニ鐵筋ヲ有セザルカ若クハ其量少ナキヲ以テ大粒ノ混捏料ヲ使用シテ搗固ヲ充分ナラシムベク應張層ニアリテハ鐵筋ノ量多キカ若クハ混捏土緣端ヨリノ間隔少ナキヲ以テ小粒ノ混捏料ヲ使用セザルベカラズ獨逸ノ規定ニテハ前者ニハ 40mm、迄後者ニハ 6 乃至 12mm 迄ヲ認容セリ。

砂利若クハ碎石粒ノ粗細ヲ示スペキ名稱ハ別ニ定マレル標準ナシト雖モ佛國「フェレー」(Féret) 氏ハ之ヲ三種トシテ次ノ如ク區別セリ。

粗粒トハ直徑 6cm ノ篩孔ヲ通過シ 4cm ノ篩孔上ニ殘留スルモノ

中粒トハ直徑 4cm ノ篩孔ヲ通過シ 2cm ノ篩孔上ニ殘留スルモノ

細粒トハ直徑 2cm ノ篩孔ヲ通過シ 1cm ノ篩孔上ニ殘留スルモノ

砂利ト碎石トハ何レモ其効率ニ於テ殆ンド差違ヲ認メズ砂利ハ砂ヲ含有スルモノト全ク清淨ナルモノトアリ前者ハ山砂利ニ多ク其粒稍々歪形ヲ爲シ後者ハ川砂利ニ多ク其粒一般ニ圓滑ナリ何レモ石英若クハ硅酸ニ富メルモノナラザル可ラズ米國ニテハ碎石ヲ使用スルコト多キモ歐洲ニテハ一般ニ砂交リノ砂利ヲ使用ス故ニ混擬土配合ノ割合ヲ示スニ殊ニ砂ヲ仕様セズ 1:4 ト云フハ「セメント」ト砂及砂利ノ含量四ヲ示スモノトス精密ニ原料ノ配合ヲ定ムルトキハ砂交リノ砂利ハ凡テ洗ヒ去リテ其砂利中ニ含有スル砂ノ量ヲ測定シ其量丈ケ之ニ加フベキ砂ヲ減量セザル可ラズ砂ノ場合ト同シク阿爾加里若クハ酸類ニ接觸シタル石材ハ一切之ヲ使用ス可ラズ但シ 5% 乃至 10% ノ微細ナル粘土ヲ含有スル砂利ハ充分ニ混擬土ヲ混捏スル時ハ「セメント」ト同シク其微細ナル空隙ヲ填充スルヲ以テ却テ其强度ヲ增加スルコトアリ。

碎石ハ堅硬緻密ノ性質ヲ有シ粘土質若クハ有機物ヲ含有スペカラズ比重ハ 2.2 乃至 3.0 有スル脈岩(Trap), 花崗石, 片麻石(Gneiss), 玄武石(Basalt), 白雲石(Dolomite), 硬砂石(Graywacke), 堅質石灰石(Hard lime stone)砂石(Sandstone)等一般ニ使用セラル但シ耐火的建築ニハ石灰石(Limestone)燧石(Flint)等ヲ避ケシ石灰石ハ高熱ニ觸ル、トキハ

熱灼シテ石灰ト化シ燧石ハ破碎爆發スペケレバナリ更ニ柔軟ナル砂石若クハ輕石ノ種類ハ冬期霜害ヲ受クル恐アル處ニハ之ヲ避ケルヲ要ス。

石塊ヲ粉碎スルニハ手工又ハ機械力ニ賴ル碎石機ノ種類ニ二アリヲ往復式碎石機(Jaw or reciprocating crusher), 一ヲ旋廻式碎石機(Gyratory crusher)ト云ヒ其最初發明者ノ名ニ因ミテ前者ヲ「ブレーキ式碎石機(Blake's crusher)」後者ヲ「ゲート式碎石機(Gate's crusher)」トモ云フ其粉碎ノ費用ハ石ノ硬軟ニ依リテ異ナリ手工ニ賴ルトキハ一才一錢乃至二錢機械力ニ賴ルモ殆ンド同一ナリトス熟練セル職工ハ一日能ク八十才内外ノ石灰石ヲ粉碎シ得ベシト云フ。

砂利及碎石ノ何レガ混擬土原料トシテ優逸ナルヤニ關シテハ諸説必ズシモ一致セズ一般ニハ碎石ハ其形狀角銳ナルヲ以テ同量ノ比ヲ有スル場合ニハ碎石混擬土ハ砂利混擬土ヨリモ應壓力大ナリト云フ者多シ「カンドロー」(Candlot) 氏ノ實驗ニ據レバ碎石混擬土ノ強度ガ同一ノ空積ヲ有スル砂利混擬土ニ於ケル比ハ一週間後ニ於テ 1.3, 一ヶ月後ニ於テ 1.26, 六ヶ月後ニ於テ 1.18, 一年後ニ於テ 1.12 ナリトセリ即チ注意スペキハ砂利混擬土ハ歲月ノ經過ト共ニ漸次其强度ヲ增加シテ遂ニ碎石混擬土ノ强度ニ達スペキモノナルコト之ナリ米國「テーロール」(Taylor) 及「タムソン」(Thompson) 氏ノ同國「ウォータータウン」造兵廠(Watertown Arsenal)ニテ施シタル實驗ノ報告ハ何レモ碎石混擬土ノ優レルコトヲ説明セリ之ニ反シテ「フェレ」(Feret) 氏ハ砂利ハ其粒丸キヲ以テ各々相滑落シテ能ク其空隙ヲ填充スペク混擬土ノ性質ヲシテ緻密ナラシムルノミナラズ角銳ナル碎石ニ比シテ其空積ノ量少ナキヲ以テ

事實上砂利混泥土ヲ優レリトセリ要スルニ其材料ノ空積搗固ノ程度、歲月ノ推移膠泥ノ量等ニヨリ必ズシモ一二實驗ノ結果ニ絶對ノ信用ヲ置クコト能ハズト雖モ一般ニハ碎石混泥土ヲ優レリトナス者多シ然レドモ事實上ニアリテハ手近ニ砂利ノ得ラレザル場合ニ於テノミ碎石ヲ使用スルヲ常トスコレ其價格ニ於テ砂利ハ碎石ニ比シ一般ニ廉價ナルヲ以テ若シ混泥土ノ強度ニ重キヲ置ク場合ニハ其廉價ナル丈ケ更ニ「セメント」ノ量ヲ加フルコトヲ得バ砂利混泥土ハ却ツテ碎石混泥土よりモ強度ノ大ナルモノヲ得ベキヤ明カナリ又同量ノ「セメント」ヲ使用スル場合ニアリテモ碎石ノ質貧弱ナルモノニ比シテ砂利混泥土ノ強度大ナルコトハ疑フベカラザルノ事實ナリコレ砂利ノ空積ハ碎石ノ空積ニ比シテ少ナキガ故ニ同量ノ「セメント」ニアリテハ前者ハ後者ヨリモ緻密ナル混泥土ヲ製スルコトヲ得ベケレバナリ猶其搗固ノ程度充分ナラザル場合ニハ角銳ノ碎石ハ互ニ相噛合ヒテ拱形ヲ作り往々中間ニ大ナル空隙ヲ存セシムルコトアルモ圓粒ノ砂利ハ互ニ相滑落シテ空隙ヲ填充スルヲ以テ此恐レ渺シ但シ同一量ノ「セメント」及砂ヲ有スル時ハ其價格ヲ問題外トセバ大粒ノ碎石混泥土ハ大粒ノ砂利混泥土よりモ強シコレ角銳ノモノハ圓粒ノモノニ比シテ其相互ニ附着スル面積廣キヲ以テ全體ヲ結合スル力ハ碎石ノ方大ナルベケレバナリ要スルニ混泥土ニ於ケル碎石ト砂利トノ選擇ハ其採集地ノ便否、價格ノ如何、搗固ノ程度、使用砂粒圓銳ノ度、所要強度ノ大小等ニ依リテ定ムベク絶對ニ其可否ヲ決スベキモノニアラザルナリ。

第四節 特殊混泥土

砂利及碎石ノ外混泥土トシテ屢々爐灰(Ashes)、鑛滓(Slag or Cinder)、骸炭(Coke)若クハ煉瓦屑(Fragments of brick)等ヲ使用スルコトアリ是等ハ何レモ砂利若クハ碎石ヨリモ輕ク割合容易ニ釘付ヲ爲シ得可ク切斷若クハ剝削スルヲ得ベシ此等ハ何レモ有孔質ノモノナルヲ以テ其混泥土ハ音響、溫熱等ニ對スル不傳導體ニ近ク從ツテ耐火的構造物ニ用キテ極メテ有效ナリ但シ爐灰ハ完全ニ燃焼シタルモノヲ使用スルコト必要ナリ是等ノ混泥土ヲ使用セル混泥土ノ混捏ニハ充分ノ水ヲ供給スペク之ヲ敷均スニ必ズ搗固ヲナスペカラズ之ニ依リテ粉碎セラルヽノ恐レアレバナリ此種類ノ混泥土ハ専ラ「エキスパンデッド・メタル式(Expanded Metal system)、「マトレー式(Matrai system)、「レーブリング」式(Roebling system)等鐵筋ノ周圍ニハ硬料ノ混泥土ヲ以テシ床ノ他ノ部分ハ單ニ耐火的ナルコトヲ必要トスル様式ニ於ケル填充料トシテ使用スルニ適スペク強度大ナルヲ要スル桁柱等ニハ應用ス可ラズ。

硫黃其他ノ不純物ハ鐵筋ヲ腐蝕セシムルモ充分ニ濕潤シタル混泥土トシテ使用セバ其少量ハ必ズシモ恐ル、ニ足ラズ輕石、凝灰石等モ屢々前記材料ト同様ニ之ヲ用フルコトヲ得ベシ凡テ熔爐ヨリ得タル殘滓ノ種類ハ少クトモ六週間ヲ經過セシメ其間之ヲ水中ニ浸漬シテ充分ニ鹽分ヲ取去リ同時ニ石灰粉ヲ排出セシタルモノヲ使用スペシ。

第五節 砂及石材ノ比重

物體ノ比重(Specific weight)トハ其一定容積ノ重量ガ攝氏四度ニ於ケル蒸溜水ノ同容積ノ重量ニ於ケル比ヲ云フ砂及石材ノ普通比重ヲ検定スルニハ水ハ必ズシモ蒸溜セルモノヲ使用スルニ及バ

ズ又溫度モ普通ノ場合ニテ充分ナリ此比重ヲ知ルコトハ其空積(Void)ヲ検定スルニ最モ確實ナル方法ヲ與フベキヲ以テ膠泥及混疑土ノ配合ヲ確定スル場合ニ極メテ必要ノ事項ナリトス。

比重ヲ検定スルニハ或玻璃容器ヲ取リ其頂部適宜ノ處ニ劃線ヲ引キ此標線迄華氏六十二度ノ溫度ニ於ケル水ヲ満タシ検定スペキ材料ヲ「グラム」ニテ測リタル或定重ヲ取り注意シテ少シ宛此容器内ニ落下セシメ其材料ニ由リテ排除セラレタル水ノ重量ヲ測定スペシ今

W = 容器内ニ入レタル材料ノ重量

W' = 排除セラレタル水ノ重量

トセバ其材料ノ比重 = $\frac{W}{W'}$ ナリ。

砂ノ各種ニ對スル比重カ略ホ同ナル値ヲ有スルコトハ計算上頗ル便利ナルコトナリ今二三實驗ノ結果ヲ摘記スレバ次ノ如シ。

實驗者 砂ノ比重

「アーレン, ハーゼン」 (Allen Hazen)	2,65
「フェレ」 (Féret)	2,65

實驗者 砂ノ比重

「ウイリアム, フラー」 (William Fuller)	2,64
「カンドロー」 (Candlot)	2,6-2,68

砂利モ亦殆ンド等一ノ比重ヲ有ス「シュット」(Schutte)氏ガ米國及加奈太ニ於ケル四十餘ヶ所ノ砂利ニ就キテ實驗シタルモノニ依ルニ平均 2,66 ナリシト云フ。

第六表ニ於テ混疑土ニ對スル混疑料ノ各種ニ就キテノ平均比重ヲ示ス。

第六表

混疑料各材料ノ平均比重			
材 料	比 重	一立方呎ノ 固體重量([※])	檢定者
砂 (Sand)	2,65	165	「アーレン, ハーゼン」 (Allen Hazen)
砂利 (Gravel)	2,66	165	「シュット」 (Schutte)
凝塊岩 (Conglomerate)	2,60	162	「ウエストン」 (R. S. Weston)
花崗石 (Granite)	2,70	168	「エッケル」 (E. C. Eckel)
石灰石 (Limestone)	2,60	162	"
脈岩 (Trap)	2,9	180	"
砂石 (Sandstone)	2,4	150	"
土瀝青質鑽滓 (Asphaltic slag)	1,5	95	「テーロル」及「タムソン」 (Taylor & Thompson)

第六節 混疑料空積ノ測定法

砂, 砂利及碎石ノ空積(Void)ヲ測定スペキ簡易ナル方法ハ或定量ノ函内ニ此等混疑料ヲ填充シ更ニ此函ヲ満シ得ベキ清水ヲ加工其加水ノ容積ヲ函ノ容積ニテ除スル時ハ略ボ空積ノ百分率ヲ測定シ得ベシ然レドモ此方法ニテハ函内ニ於ケル凡テノ空氣ヲ排除スルコト不可能ナルヲ以テ空積ノ測定ニ多少ノ誤謬ヲ免レズ最モ精確ナル方法ハ比重ヲ知リテ後之ヲ定ムルニアリ先づ一立方呎ノ樹ヲ取り其重量ヲ定メ測定スペキ材料ノ粗鬆度, 振盪, 搗固等種々異リタル狀態ニ於テ所要高迄之ヲ填充シ再び其重量ヲ測リ始メ定メタル樹ノ重量ヲ引去ルトキハ其材料ノ正味重量ヲ知ルコ

第七節 混凝料ノ空積及密度.

密度(Density)ナル詞ハ其材料ノ單位容積中ニ於ケル空積ヲ扣除シタル實質容積ノ總容積ニ於ケル割合ヲ云フ故ニ乾燥セル混疑料ニアリテハ密度ハ空積ノ餘數(Complement)ナリ假令ハ0,4ナル空積ヲ有スル材料ノ密度ハ0,6トナルベシ。

等一ナル比重ヲ有スル乾燥セル混疑料若クハ比重ヲ異ニスル材料ノ等一比例ヲ有スル混合材料ノ密度ハ其重量ニ正比例ヲ爲スベシ。

等大ノ圓粒ヲ有スル混疑料ノ空積ハ若シ理論的ニ最モ緻密ナルベキ方法ヲ取リ之ヲ對稱的ニ填充シタルトキハ其圓粒ノ直徑如何ニ拘ハラズ同一ナルコト幾何學的ニ明カナル事實ナリ而シテ其空積ハ約26%トナルベキ咎ナルモ實驗的ニハ44%以下ニアリコト殆ンド不可能ナリト云フ。

砂砂利或ハ碎石ノ粒ガ相當ニ等一ナル形狀ヲ有スル乾燥混疑料ヲ等一ナル寸法ヲ有スル粒ニ篩別スルトキハ其各種ハ非常ニ細粒ナルモノ(假令ハ七十四番篩即一平方吋ニ付五千五百ノ篩孔ヲ通過シタル如キ)ヲ除クノ外略ボ同様ノ空積ヲ有スペク非常ニ細カキ粒ヲ有スルモノハ其内ニ含有スペキ空氣ノ量ニ依リテ多少異ナルベシ又圓粒ノモノハ角粒ノモノヨリモ其空積小ニシテ扁平粒ノモノ其空積最モ大ナリ「フェレー」(Feret)氏ノ實驗ニ據レバ粗砂5,中砂3,細砂3(第二節參照)ノ割合ニ混ジタル砂ノ圓銳ノ度ニヨリ其空積ヲ異ニセルコト第九表ノ如シ。

空積ノ最大率ハ等粒ヲ有スルモノニ存シ大小粒相混合スルニ至リテ順次其率ヲ減ジ大粒ノ空隙ヲ順次次ノ小粒ニテ填充ス可キ

第九表

種類	空積	
	輕盛%	詰盛%
天然砂(圓粒)	35,9	25,6
粉碎石英砂(銳粒)	42,1	27,4
粉碎貝殻(扁平粒)	44,3	31,8
粉碎石英砂(扁平粒)	47,5	34,6

程度ヲ有スル時ニ於テ最小率ヲ有スベシ。

粗粒ノ砂利若クハ碎石ト砂トヲ混合セル混疑料ハ砂ノミニ比シテ其密度大ナリ換言セハ其空積前者ハ後者ヨリモ小ナリ。

砂利ノ如キ圓粒ヲ有スルモノハ碎石ノ如キ銳粒ヲ有スルモノニ比シテ同寸法ノ篩ヲ通過シ他ノ同寸法ノ篩ニ殘留シタル場合ニアリテモ其空積小ナリ同様ニ砂ハ粒ノ形丸キ程實積ハ増加スペシ「フェレー」(Feret)氏ノ實驗ニ據レバ碎石ハ粒ノ粗細ニ係ラス輕ク詰込ミタルモノハ約52%ノ空積ヲ有シ砂利ハ約40%ヲ有ス前者ハ粗粒ト細粒(寸法ハ第三節參照)トヲ等分スルトキハ47%トナシ得ベク後者ハ粗粒ノ3,5分ト細粒ノ1分トヲ混ズレバ34%ニ減ジ得ベシト云フ。

乾燥セル砂ニ殆ンド濕潤セル程度丈ケ少量ノ水ヲ混和セシムレ時ハ其容積ヲ增加ス從ツテ或單位容積ノ重量ヲ減ズベシ普通絕對空積ノ最大量ヲ得ルハ5%乃至8%ノ水ヲ有スル場合ニ起ルベシ此現象ハ水ノ薄膜ニ依リテ砂粒ノ表面ヲ蘊ヒ從ツテ表面

張力 (Surface tension) ニ依リテ之ヲ包圍スル粒ヨリ互ニ分離セシムルニ依ル此理由ニ因リ細粒ノモノ程濕潤セルモノハ容積ヲ増加スペシ但シ水分ノ飽和シタル後ハ乾燥セル場合ヨリモ猶少シク其容積ヲ減ズルヲ見ル砂利及碎石ノ場合ニハ此クノ如キ濕潤ノ影響ハ極メテ僅カナリト雖モ直徑 $\frac{1}{2}$ "ヨリモ小ナル碎石ニアリテハ殆ンド砂ト同一ノ現象ヲ呈スペシ此現象ヲ研究シタル結果「フェレ」(Féret) 氏ハ更ニ注意ヲ與ヘテ云ク假令表面的ニハ同一ノ比列ヲ有スル膠泥ニアリテモ冬期ニ於テ作レルモノハ夏期ニ於ケルモノニ比シテ實際ノ割合ハ優良ナリ何トナレバ冬期ニ於テハ砂ハ濕潤ノ度多キヲ以テ其容積ヲ増加シ或單位樹内ニ於ケル粒ノ絕對的容積ヲ減少セシムベケレバナリ同様ニ雨天ニ於ケルヨリモ晴天ニ於ケル砂ハ密度大ナルヲ以テ膠泥ハ比較的貧弱トナルベシト。

第十表

混凝料ノ實積及空積				
混凝料	輕盛	實積	空積	
砂 濕潤, 細粒十八番篩ヲ通過セルモノ	1,00	0,57	0,43	
砂 濕潤, 粗粒十八番篩ヲ通過セザルモノ	1,00	0,65	0,35	
砂 濕潤, 粗細粒混合ノモノ(普通ノモノ)	1,00	0,62	0,38	
砂 乾燥, 粗細粒混合ノモノ	1,00	0,70	0,30	
砂石粉ヨリ篩別シタル粉砂	1,00	0,58	0,42	
砂利 $\frac{3}{4}$ " 及以下 6% 粗砂混入ノモノ	1,00	0,67	0,33	
碎石 1" 及以下ノモノ	1,00	0,54	0,46	
碎石 $2\frac{1}{2}$ " 及以下塵粉ヲ篩取シタルモノ	1,00	0,59	0,41	
碎石 $2\frac{1}{2}$ " 及以下最小粒ヲ篩取シタルモノ	1,00	0,55	0,45	

猶「エドウイン, サッシャー」(Edwin Thatcher) 氏ノ各材料空積ニ就キ
テ行ヒタル實驗ハ實用上頗ル有益ナルヲ以テ是ヲ第十表ニ掲載
ス何レモ初メ輕盛トシテ靜カニ之ヲ振盪シタルモノナリ。

第三章 混凝土原料ノ配合及其產額.

第一節 配合ニ關スル注意.

混凝土原料ノ配合ヲ適當ニ按排スルトキハ同量ノ「セメント」ヲ用キテ他ノ配合ニテ得タルモノヨリモ强度若クハ水密ノ度ヲ増進シ得ベク反対ニ所要强度若クハ水密ノ度與ヘラル、トキハ其配合ノ如何ニ依リテ「セメント」ノ量ヲ削減シ從ツテ其費用ヲ節約スルコトヲ得ベシ。

必要若クハ廣汎ナル工事ニアリテハ其經濟上ノ立脚點ヨリ云フモ混凝土ノ研究及其相互配合ノ比ヲ慎重ニ調査スルコト必要ナルベシ從來其配合ヲ定ムルニ豫メ之ガ實驗若クハ理論上ヨリ之ヲ割出ス等ノ注意ヲ缺ケル者多シ然レドモ「セメント」ハ其價格不廉ナルヲ以テ適當ニ配合ヲ按排セバ更ニ少量ノ「セメント」ヲ使用スルモ所要同一ノ密度强度及水密度ヲ有スル混凝土ヲ得ベキ場合尠カラザルヲ以テ配合ヲ定ムルニ當リテハ技術者ノ職責ハ充分ナル注意ト研究トヲ怠ル可ラザルニアルコト論ヲ俟タズ。

一般ニ云ヘバ其配合ノ比ハ工事ノ性質ニ依リテ異ナルベシ水壓ニ抵抗シテ完全ナル水密ヲ保タシメントセバ「セメント」ノ多量ヲ要スベク又直接壓縮ヲ受クル構造ニアリテハ優良ナル混凝土ヲ使用スルヲ利益トスペシコレ混凝土ノ抵抗力大ナル程補強鐵筋ノ量ヲ減ジ得ベケレバナリ去レド又一方ニ於テハ「セメント」ノ量少キ程容積ノ伸縮ヨリ來ル裂縫ヲ避クルコトヲ得ベク此點ヨリ云ヘバ或特殊ノ場合ヲ除クノ外直接壓縮ヲ受クルモノヨリモ

張力若クハ彎曲ヲ受クル構造ノ部分ニハ幾分ガ「セメント」ノ量ヲ節減スル方利益ナル場合アリ故ニ或技術者ハ同一構造物ノ異ナリタル部分ニ夫々其應力ニ應ジテ「セメント」ノ量ヲ加減シテ使用セル者アリ假令ハ桁ノ應張側ニハ比較的劣等ノ混凝土ヲ應壓側ニハ優良ノモノヲ用フルガ如シ然レドモ此方法ニ依ル時ハ却テ其ニツノ混凝土ノ接續面ニ於テ裂隙ヲ作ルノ傾向アルヲ以テ宜シカラザルベク寧ロ其ニツヲ混合セル等質ノモノヲ使用スルノ優レルニ如カズ又薄層ノ桁及床版ニアリテハ往々膠泥ノミヲ使用スルコトアリ更ニ液體ノ動キニ抵抗セシムルニハ優性ナル細粒混凝土ヲ用フルトキハ水密性ヲ增加スルノミナラズ化學的作用ニ抵抗スル力ヲ增進スベシ。

第二節 配合比ノ表ハシ方.

膠泥若クハ混凝土原料ノ配合比 (Proportion) ヲ定ムルコトハ各國多少其方針ヲ異ニセリ最モ理論的ナルハ佛國ニ於テ實行セル方法ニシテ砂及砂利ノ或容積ニ對シ「セメント」ヲ重量ニテ測定スルヲ是シナリ夫レ一定ノ容積ヲ有スル箱ニ依リテ「セメント」ヲ計量スルハ頗ル曖昧ナル考案ニシテ填充ノ方法如何ニ依リテハ其結果ニ差違ヲ生ズルコト尠カラズ此點ヨリ云ヘバ重量ニ依リテ之ヲ示スハ最モ穩當ナル手段ナルベシ其方法ハ「セメント」ヲ或一定ノ袋詰トシテ其重量ヲ量ルニアリ今「セメント」一樽ノ實重ヲ三百八十封度ト規定セルヲ以テ一樽内ニ堅ク詰込ミタル容積ヲ 3.8 立方呎ト見做シテ差支ナシ) 佛式ノ所謂砂ノ一立方米突ニ對シ「セメント」ヲ「キログラム」(kg)ニテ示ストキ之ヲ容積ノ比ト對照セバ第十一表

ノ如クナルベシ。

第十一表

「セメント」ノ重量ト膠泥配合トノ比較		
砂ノ一立方米突ニ對シ「セメント」 $\frac{kg}{m^3}$ ニテ示セルモノ	「セメント」ト砂トノ割合ヲ 容積ニテ示セルモノ	砂ノ一立方呎ニ對シ「セメント」 $\frac{lb}{ft^3}$ ニテ示セルモノ
200	1:8,0	12,5
300	1:5,3	18,7
400	1:4,0	25,0
500	1:3,2	31,3
600	1:2,7	37,5
700	1:2,3	43,7
800	1:2,0	50,0
1000	1:1,6	62,5
1200	1:1,3	75,0
1600	1:1,0	100,0

假令バ「セメント」800 kg ニ對シ砂 1 立方米突、砂利 2 立方米突ヲ
使用セントセバ上表ニ據リ之ヲ容積ノ比ニテ示ストキハ 1:2:4
ノ割合トナルガ如シ。

獨逸ニアリテハ「セメント」砂及砂利トモ凡テ重量ニテ其比ヲ示
ス更ラニ獨逸及澳匈國ニアリテハ混擬土ノ配合比ヲ 1:4 或ハ 1:6
ノ如ク表ハス。アリ是レ山砂利若クハ碎石中ニ多少ノ砂若クハ
石粉ヲ含有スルヲ以テ一々其篩別ヲ爲スノ不便ヲ避クル爲メ初
メ嚴密ニ其包有スル砂若クハ石粉ノ量ヲ測定シ置キ更ニ相當ノ
砂ヲ加フルカ若クハ 20 乃至 25% ノ砂ヲ含有スル砂利ヲ用フルト
キ使用スル詞ニシテ「セメント」1 ニ對シ砂交リノ砂利 4 乃至 6 ノ
配合比ヲ有スルコトヲ意味スルモノナリ。

英國ニアリテハ凡テ容積(Volume)ヲ以テ其比ヲ示ス尤モ一般ニ使
用スル容積比ハ

1:1:2, 1:1 $\frac{1}{2}$:2, 1:1 $\frac{1}{2}$:3, 1:2:3, 1:2:4, 1:2 $\frac{1}{2}$:5, 1:3:5,
1:3:6, 1:3:7, 1:4:8 等ナリ本邦ニ於ケル習慣ハ專ラ英國
式ニ據ルモノ多シ本邦勞働者ノ常習トシテ配合ニ際シ々其重量
ヲ測定スルガ如キハ未ダ其性格ニ適セザルトコロアルヲ以テ容
積法ニ據ルハ蓋シ恰當ノ方法ナルヤモ知レズ然レドモ此方法ニ
テハ其結果尤モ不同ヲ生ジ易キヲ以テ設計者及監督者ニ於テ常
ニ細心其注意ト監督トヲ忽カセニス可ラズ容積法ニ據ルモノハ
精密ニ各材料ノ割合ヲ定ムルコト困難ナリト雖モ大凡第十二表
ノ如キ結果トナルベシ。

第十二表

容積比ニ對スル各材料ノ所要高			
容積ノ比	「セメント」ノ標數 (380袋入)	輕盛セル砂 ノ立方呎	輕盛セル砂利若ク ハ碎石ノ立方呎
1:1:2	1	3,5	7,0
1:2:4	1	7,2	14,4
1:2:5	1	7,2	18,0
1:2 $\frac{1}{2}$:5	1	9,0	18,0
1:3:5	1	10,8	18,0
1:3:6	1	12,0	24,0
1:3:7	1	11,4	26,6
1:4:8	1	14,6	29,2
1:5:10	1	18,2	36,5

第三節 配合比ノ定メ方

一般ノ原則トシテ本編第十一章ニ述ブルガ如ク同アノ比ニ於

ケル混疑土ノ最大强度ハ密度ノ最大ナルモノ換言セバ容積ノ最小率ヲ有スルモノタルベシ此目的ヲ達スベキ方法ニ數様アリ。

(1) 任意其比ヲ定ムルモノニシテ a) 常ニ砂ノ容積ノ二倍ノ砂利若クハ碎石ヲ用フルコト假令ハ $1:2:4$, $1:3:6$ ノ如クスルカ
b) 砂ノ容積ノ二倍ニ「セメント」ノ容積ヲ加エタルモノヲ砂利ノ容積トスルコト假令ハ $1:2:5$, $1:3:7$ ノ如クスルコト是ナリ此等ノ方法ハ施工上ニハ便宜ナルモ其材料ノ測定方法ニ依リテハ所謂 $1:2:4$ ト稱スルモノモ往々 $1:3:6$ ニ及ハザルガ如キ結果ヲ生ズルコトアリ若シ測定ノ單位及方法ヲ嚴密ニ仕様スルトキハ一般ニ「セメント」ノ量多キニ過クル場合多ク經費ニ於テ損スルモ實際ニハ豫定以上ノ效力アルモノヲ得ベシ普通ノ砂利若クハ碎石ハ本編第二章第六節ニ論ゼルガ如ク其空積 40 乃至 60 % ニシテ平均 50 % ナルヲ以テ今砂ヲ砂利ノ半量トシ更ニ其砂及砂利ヲ包圍スペキ「セメント」ノ量ヲ大約砂ノ容積ノ $\frac{1}{2}$ 又ハ $\frac{1}{3}$ ト見積ルフ即チ a) ノ如キ定メ方ニシテ若シ粗鬆ナル材料ニ更ニ多クノ小粒ヲ混ゼルトキ假令ハ碎石機ニテ粉碎セル碎石若クハ大小粒混合ノ砂利ノ如キカ或ハ砂粒非常ニ小ニシテ石材ノ空積中ニ實際流下スル程度ノモノナルトキハ「セメント」モ亦石ノ空積ヲ填充スベキヲ以テ砂ノ量ヲ石ノ量ノ $\frac{1}{2}$ ヨリモ少ナク見積ルモ差支ナシ此場合ニハ b) ノ如キ定メ方ニ據ルベシ此二法ノ内若シ混疑土ニ對スル特別ノ實驗ヲ施サマルカ材料ノ選擇ニ特殊ノ仕様ヲ爲サマルカ若クハ混疑土ニ關スル經驗乏シキ者ニハ a) ノ方法ヲ採用スルヲ安全ナリトス。

(2) 材料ノ空積ヲ測定シテ其比ヲ定ムルモノニシテ a) 砂ノ容

積ヲシテ砂利若クハ碎石ノ空積ノ量ニ等シカラシメ「セメント」ノ量ヲシテ砂ノ空積ヲ少シク超過セシムル量トスルコト b) 試驗若クハ判斷ニ依リテ砂ニ對スル「セメント」ノ量ヲ選擇シタル後砂利若クハ碎石ニ對スル膠泥ノ量ガ其空積ヲ少シク超過スル程度ニ比例セシムルコト c) 砂ト砂利若クハ碎石トヲ混ジテ其空積ヲ測定シ「セメント」ノ量ヲシテ前者ノ空積ヲ少シク超過スル程度ニ比例セシムルコト d) 種々ノ配合比ヲ有セル乾燥セル各混疑料ノ試驗的混合物ヲ作リ其空積ノ最小量ヲ與フベキ比ヲ見出シ之ニ任意量ノ「セメント」若クハ前者ノ空積ヲ少シク超過スル程度ニ比例セシムルコト是ナリ而シテ此等空積ノ測定ハ本編第二章第六節ニ論ジタル方法ニ據ルベク假令ハ砂利ガ 40% ノ空積ヲ有スルコトヲ知レバ理論的ニハ砂ノ所要量ハ砂利ノ 40% ナルベシ而シテ「セメント」及砂ノ比ヲ $1:2$ トセハ砂ト砂利トノ比ハ $2:5$ トナリ從ツテ其混疑土ノ各材料ノ比ハ $1:2:5$ トナルベシ去レド此方法ハ不精密ナルヲ免レザルヲ以テ普通ノ場合ニハ砂ノ量ヲ容積ノ 5% 乃至 10% 文ケ增加セシム即チ此場合ニハ砂ノ量ヲ 45% 乃至 50% トスルナリ斯くて其混疑土ノ比ハ $1:2:4\frac{1}{2}$ トナルベシ但シ径 $1\frac{1}{2}''$ 乃至 $2''$ ノ如キ粗粒ノ砂利若クハ碎石ヲ用フルトキハ砂ノ量ハ前者ノ空積ヲ充ス文ケニテ充分ナリ何トナレハ砂ハ碎石ノ空積ヲ填充スルニ充分ナル細粒ナルベケレバナリ假令ハ其碎石ノ空積ガ 45% 乃至 50% ナルトキハ其各材料ノ比ハ $1:2:4\frac{1}{2}$ 或ハ $1:2:4$ ノ割合トナルベシ。

注意スペキコトハ砂ハ絕對的ニ必要ナル量ヨリ多クヲ使用セザルニアリ何トナレバ混疑土ノ空積ハ砂ノ過剩量ヲ使用セバ却

ツテ增加スペケレバナリ假令砂利ノ空積ヲ45%トシ砂利ノ空積ヲ40%トセバ砂利ノ空積ヲ充ス丈ケノ砂ヲ用フルトキハ實驗上其混合料ノ空積ハ18%ナルモ砂ノ量10%ヲ增加スルトキハ45%ノ空積ヲ有スル材料ノ10%ヲ增加スルヲ以テ混合料内ニ於ケル空積ハ更ニ2.5%ノ增加ヲ來スベシ。

以上ノ方法ハ猶不精密ナルヲ免レズ何トナレバ混疑料ノ空積ヲ測定スル場合ニ之ヲ輕盛トスルカ詰盛トスルカニ依リテ其値ヲ異ニスペク亦混疑土ヲ使用スル場合ノ搗固ノ程度如何ニ依リテ異ナルベケレバナリ。

(3) 最モ精確ナル方法ハ砂砂利若クハ碎石ノ粒率分析曲線表(Mechanical analysis curve)ヲ調製シ之ニ據リテ「セメント」及混疑料ノ配合比ヲ定ムルコト是レナリ其方法ハ頗ル理論的ナルモ本邦ニ於テハ之ヲ實際ニ應用スルノ機會渺カルベキヲ以テ茲ニハ其説明ヲ略スベシ讀者若シ其詳細ヲ知ラント欲セバ千九百七年米國工學會誌(Transactions of American Society of civil engineers)第五十九卷ニ「フーラー及タムソン」(Fuller and Thompson) 氏ノ發表セシ混疑土配合ノ法則(Laws of proportioning concrete)ヲ參照スベシ其結果ヲ見ルニ人工的ニ混疑料ヲ調節シタルモノハ天然ノ儘ノ混疑料ヲ使用シタルモノヨリモ「セメント」ノ12%ヲ節約スルコトヲ得ベシト云フ。

要スルニ配合比ヲ精密ニ決スベキ最モ困難ナル問題ハ用フベキ「セメント」ノ比ヲ見出スコト是レナリ而シテ其分量ヲ決スルハ或程度迄ハ技術家ノ經驗アル判断ヲ要スベク構造物ノ性質或時日後ニ要スル強度所要水密度混疑料ノ性質等ニ依リテ夫々異ナルベシ若シ出來得ベクンバ或材料ニテ作レル混疑土ノ強度ヲ試

驗機ニ依リテ検定シ適當ノ比ヲ撰ムベク猶一ノ方法ハ使用スペキ砂ヨリ作レル膠泥ニ依リテ其應張力ヲ見出シ之ヲ標準砂ニテ作レル膠泥ノ強度ト比較シテ使用砂ニ對スル「セメント」ノ量ヲ加減スルニアリ。

第四節 膠泥及混疑土ニ要スル原料ノ量

膠泥及混疑土ニ要スル各材料ノ量ヲ算出スルコトハ其材料ノ空積膠泥若クハ混疑土ノ密度及收縮率等ニ依リテ異ナリ精密ナル算法ニ依リテ得ルモノト實際ノ產額トハ必ズシモ相一致セズ從ツテ其算法ニモ種々ノ假定ヲ要スベシ今普通ニ使用スペキ二三ノ算法ヲ論述スベシ。

1) 膠泥若クハ混疑土ノ密度(Density)ト其收縮率(Coefficient of shrinkage)ヲ知リテ所要材料ノ量ヲ定ムル法 混疑土ハ砂利若クハ碎石中ニ存在スル空積ヲ膠泥ニテ填充シ同時ニ膠泥其者ガ緻密ナルコト即チ砂ノ空積ハ悉ク「セメント」ニ依リテ確實ニ其密度ヲ保留シ得ベキコトヲ要ス從ツテ膠泥若クハ混疑土ノ密度 d ハ

$$d = \frac{\text{填充料}}{\text{空積}}$$
ニテ示シ得ベク若シ其空積カ全ク填充料ニテ飽和サル、時ハ $d = 1$ トナルベシ實際ノ場合ニハ膠灰ハ砂ノ空積ヲ填充スル外更ニ各粒ノ表面ヲ包圍スル爲メ「セメント」ハ約15%ノ餘裕ヲ見積リ $d = 1.15$ トナスヲ常トス膠泥ノ密度ガ混疑土ノ密度ニ於ケル比ハ前者ガ1.15ヨリ大ナラザル限リ1ト撰ムベシ斯くて膠泥若クハ混疑土ニ要スル各材料ノ量ヲ定メントセバ砂及「セメント」ノ各定量ヨリ產出シ得ベキ膠泥ノ量砂及砂利(若クハ碎石)ノ空積混疑土搗固ノ程度等ヲ考ヘザル可ラズ。

膠泥ノ產額率 p ハ「ビューシング」(Busing) 氏及「シユーマン」(Schuman)

mann) 氏ノ實驗ニ從ヘバ大凡第十三表ノ如シ。

第十三表

膠泥ノ產額率													
容積ニテ示セル膠泥原 料「セメント」及砂ノ比. 膠泥ノ產額カ「セメン ト」及砂ノ容積ノ和ニ 對スル百分率	1:0	1:1	1:1.5	1:2	1:2.5	1:3	1:3.5	1:4	1:4.5	1:5	1:6	1:7	1:8
(90)X	70	67	65	67	70	72	74	75	76	75	80	82	

× 輕盛ノ「セメント」ハ之ニ水ヲ加フルトキハ容積約一割ヲ減ズ

猶砂ノ種々ノ空積ニ對スル膠泥ノ密度ヲ示セバ第十四表ノ如シ但シ輕盛シタル砂ノ空積ハ普通 30% 乃至 45% ニシテ振盪シタル場合ニハ 20% 乃至 35% ヲ有スペシ表中ニ算出スル密度ハ純「セメント」ニ於ケル膠泥ノ產額ヲ 90% ト見積リテ計算シタルモノナリ假令バ「セメント」ト砂トノ比ヲ 1:2 トシ砂ノ空積ヲ 30% トセバ

$$d = \frac{90}{2.30} = 1.50 \quad \text{トナルガ如シ。}$$

第十四表

配合ヲ異ニセル膠泥ノ密度						
「セメント」	砂ノ空積					
及砂ノ比	20%	25%	30%	35%	40%	45%
1:1	4.50	3.60	3.00	2.57	2.25	2.00
1:1.5	3.00	2.40	2.00	1.71	1.50	1.33
1:2	2.25	1.80	1.50	1.29	1.13	1.00
1:2.5	1.80	1.44	1.20	1.03	0.90	0.80
1:3	1.20	1.20	1.00	0.86	0.75	0.67
1:4	1.12	0.90	0.75	0.64	0.56	0.50
1:5	0.90	0.72	0.60	0.51	0.45	0.40

1 以下ノ密度ノモノハ水密若クハ強度ヲ要スル處ニ使用シ難

シ普通ノ場合ニハ 1 以上ノ密度ヲ有スルモノ即チ 1:3 以上ノ膠泥タラザル可ラズ。

混凝土ニ要スル各材料ノ量ヲ定ムルニハ。

$1:m:n = \text{「セメント」砂及砂利(若クハ碎石)配合ノ比}$

$V = \text{砂利若クハ碎石ノ輕盛ノ場合ニ於ケル空積ノ百分率}$

$e = \text{膠泥ノ餘盛リ (普通 15\%)}$

$p = \text{膠泥ノ產額率}$

$d_0 = \text{混凝土ノ密度 } (e=0.15 \text{ の場合ニハ } d_0 = 1+e = 1.15)$

$s = \text{混凝土ノ搗固ニ依リテ生ズル收縮率 (普通 } s = 0.1)$

$X = \text{搗固メタル混凝土ノ容積ニ對シテ必要ナル「セメント」ノ百分率}$

$Y = \text{“ “ “ “ “ 砂ノ百分率}$

$Z = \text{“ “ “ “ “ 砂利若クハ碎石ノ百分率}$

$v = V-s = \text{搗固メ後ノ砂利若クハ碎石ノ空積}$

$P = \text{混凝土ノ產額(各材料ノ和ノ百分率)}$
 $= \frac{\text{混凝土ノ實量}}{\text{使用セシ各材料容積ノ和。}}$

$$X = \frac{1}{n(1-s+v.e)} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$Y = \frac{m}{n(1-s+v.e)} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$Z = \frac{n}{n(1-s+v.e)} = \frac{1}{(1-s+v.e)} \quad \dots \dots \dots (5)$$

今混凝土ノ首要配合ニ對シ砂利(若クハ碎石)ノ空積ヲ異ニセル場合ニ就キテ上式ニ據リ各材料ノ所要量ヲ求ムルトキハ第十五表第十六表第十七表ヲ得ベシ但シ「セメント」一樽ノ容積ヲ四立方尺トシ膠泥ノ產額率ハ第十三表ニ據リ混凝土ノ收縮率ヲ一割トス。

第十六表

輕盛ノ砂利若クハ碎石ノ空積40%ノトキ搗固混凝土一立坪ニ要スル量				
配合(容積)	一立坪ニ要スル 「セメント」ノ樽 數	一立坪ニ要スル 砂ノ立坪	一立坪ニ要スル 砂利若クハ碎石 ノ立坪	密 度
1:1:2	20,86	0,39	0,77	2,33
1:1,5:2	18,79	0,52	0,70	2,79
1:1,5:2,5	17,02	0,47	0,79	2,28
1:1,5:3	15,54	0,43	0,86	1,86
1:2:3	14,39	0,53	0,80	2,17
1:2:4	12,43	0,46	0,92	1,62
1:2:5	10,91	0,40	1,01	1,30
1:2,5:4	11,39	0,53	0,84	1,95
1:2,5:5	10,11	0,47	0,94	1,56
1:3:5	9,34	0,52	0,87	1,86
1:3:6	8,45	0,47	0,94	1,55
1:3:7	7,72	0,43	1,00	1,33
1:4:8	6,32	0,47	0,94	1,54
1:5:10	5,11	0,47	0,95	1,52

2) 「ギレット」(Gillette) 氏公式。輕盛ノ砂ハ之ニ水ヲ混ズルトキハ其容積ヲ増加スベシ其率ハ約10%ニシテ乾燥セル砂ノ一立方呎ハ濕潤セル砂ノ1,1立方呎トナルベシサレド膠泥ノ成立ニ必要ナル水ニ依リテ占有セラルベキ容積ヲ失フヲ以テ「セメント」ニ對スル有効空積ハ却ツテ減少スベシ而シテ乾燥セル輕盛ノ「セメント」

第十七表

輕盛ノ砂利若クハ碎石ノ空積45%ノトキ搗固混凝土一立坪ニ要スル量				
配合(容積)	一立坪ニ要スル 「セメント」ノ樽 數	一立坪ニ要スル 砂ノ立坪	一立坪ニ要スル 砂利若クハ碎石 ノ立坪	密 度
1:1:2	21,60	0,40	0,80	2,00
1:1,5:2	19,47	0,54	0,72	2,39
1:1,5:2,5	17,73	0,49	0,82	1,91
1:1,5:3	16,20	0,45	0,90	1,60
1:2:3	15,01	0,56	0,83	1,86
1:2:4	12,96	0,48	0,96	1,40
1:2:5	11,50	0,43	1,06	1,12
1:2,5:4	11,88	0,55	0,88	1,68
1:2,5:5	10,58	0,49	0,98	1,84
1:3:5	9,72	0,54	0,90	1,60
1:3:6	8,86	0,49	0,98	1,33
1:3:7	8,12	0,45	1,05	1,14
1:4:8	6,65	0,49	0,98	1,33
1:5:10	5,40	0,50	1,00	1,30

ハ之ニ水ヲ加フルトキハ砂ト反對ニ10%乃至15%丈ケ收縮スベシ(本節1)參照)今。

q = 實驗ニ依リテ定メラレタル「セメント」一樽ノ糊狀態ニ於ケル立方尺

N = 「セメント」一樽内ノ立方尺

m = 「セメント」ノ容積 1 = 對スル砂ノ割合

n = 「セメント」ノ容積 1 = 對スル砂利若クハ碎石ノ割合

V' = 乾燥セル砂ニ於ケル空積ノ百分率

V = 砂利若クハ碎石ニ於ケル空積ノ百分率

トセバ 「セメント」1ニ對シ砂ノ割合 m ヲ有スル膠泥ニアリテハ
 mN = 「セメント」一樽ニ對シ所要乾燥砂ノ立方尺
 mNV' = 乾燥セル砂ニ於ケル空積ノ立方尺
 $0,9mNV'$ = 濕潤セル砂ニ於ケル有効空積ノ立方尺
 $1,1mN$ = 「セメント」一樽ニ對シ所要濕潤砂ノ立方尺
 $q - 0,9mNV'$ = 有效空積ヲ超過セル糊狀態「セメント」ノ立方尺

故ニ

「セメント」一樽ニ對スル膠泥ノ立方尺
 $= 1,1mN + (q - 0,9mNV')$ (8)

更ニ膠泥一立坪ニ要スル「セメント」ノ樽數ヲ Q トセバ

$$Q = \frac{216}{1,1mN + (q - 0,9mNV')} = \frac{216}{q + mN(1,1 - 0,9V')} (9)$$

若シ膠泥ノ配合劣等ニシテ理論的ニ砂ノ空積ヲ填充スル丈ケ
ニ止ムルトキハ

$$Q = \frac{216}{1,1mN} (10)$$

同一ノ推理ニ據リ混疑土ニ對スル「セメント」ノ樽數ヲモ求ムル
コトヲ得ベシ但シ砂利若クハ碎石ハ水ヲ注和スルモ其容積ヲ増
スコトナク却ツテ濕潤セシムル爲メ用キタル水ノ或量ハ砂利若
クハ碎石ノ一部ヲ包ミテ其膠泥ニテ填充サルベキ有效空積ヲ減
少スペシ此クノ如キ膠泥ノ場合ト異ナルベキ現象ヲ考フル時ハ
容易ニ次ノ公式ヲ導クコトヲ得ベシ即チ

nN = 「セメント」一樽ニ對シ乾燥セル所要砂利若クハ碎石
ノ立方尺

nNV = 乾燥セル所要砂利若クハ碎石ノ有效空積ノ立方尺
 $0,9nNV$ = 濕潤セル所要砂利若クハ碎石ノ有效空積ノ立方尺
 $q + Nm(1,1 - 0,9V') - 0,9nNV$ = 濕潤セル砂利若クハ碎石ノ有
效空積ヲ超過セル膠泥ノ量

ナルヲ以テ

「セメント」一樽ニ對スル混疑土ノ立方尺
 $= Nn + q + Nm(1,1 - 0,9V') - 0,9nNV$ (11)

更ニ混疑土一立坪ニ要スル「セメント」ノ樽數ヲ Q トセバ

$$Q = \frac{216}{q + Nm(1,1 - 0,9V') + Nn(1 - 0,9V)} (12)$$

若シ砂ニ於ケル空積ガ糊狀態「セメント」ニ超過スルカ又ハ膠泥
ガ砂利若クハ碎石ノ有效空積ヲ填充スル能ハザル時ハ

$$Q = \frac{216}{N \cdot n} (13)$$

例題第二 例題第一ト同一ノ比ヲ有シ砂ノ空積40%, 砂利ノ空
積45%ヲ有スル場合ノ混疑土一立坪ニ對スル各原料ノ所要量ヲ
求ム。

答 $q = 3,8$, $N = 4$, $V' = 0,40$
 $V = 0,45$, $m = 2$, $n = 4$

故ニ(12)式ニ依リ

$$Q = \frac{216}{3,8 + 4 \cdot 2(1,1 - 0,9 \cdot 0,40) + 4 \cdot 4(1 - 0,9 \cdot 0,45)} = 11,3 \text{樽}$$

此方法ニ依リテ計算スルトキハ所要「セメント」ノ量ハ(1)ノ場合
ニ比シテ少シク小トナルベシ今「セメント」一樽ヲ四才糊狀態ニ於
テ三八立方尺ヲ與フルモノトシ上式ヲ應用セバ第十八表以下第

二十表ノ結果ヲ得ベシ。

第十八表

砂ノ空積35%ノ時膠泥一立坪ニ要スル「セメント」ノ樽數		
配合(容積)	「セメント」ノ樽數	所要砂ノ立坪
1:1	31,3	0,57
1:1,5	25,4	0,71
1:2	21,4	0,79
1:2,5	18,5	0,86
1:3	16,3	0,91
1:4	13,2	0,98
1:5	11,1	1,03

第十九表

砂ノ空積40%ノ時膠泥一立坪ニ要スル「セメント」ノ樽數		
配合(容積)	「セメント」ノ樽數	所要砂ノ立坪
1:1	32,4	0,60
1:1,5	26,2	0,73
1:2	22,2	0,82
1:2,5	19,3	0,89
1:3	17,0	0,94
1:4	13,8	1,02
1:5	11,5	1,07

以上(1)及(2)ノ方法ニ依リテ夫々計算セシ如ク膠泥及混疑土ノ一立坪ニ要スル「セメント」ノ樽數ハ其一樽ノ實容積膠泥ノ收縮率、砂及砂利ノ容積「セメント」ニ對スル餘盛見込等ニ依リ以上各表ニ示セルガ。如ク其結果多少ノ相違ヲ來スペク何レガ最モ近ク實際

第二十表

砂ノ空積40%, 砂利若クハ碎石ノ空積45%ノトキ混疑土一立坪ニ要スル量			
配合(容積)	一立坪ニ對スル「セメント」ノ樽數	一立坪ニ對スル砂ノ立坪	一立坪ニ對スル砂利若クハ碎石ノ立坪
1:1:2	18,81	0,35	0,70
1:1,5:2	16,82	0,46	0,61
1:1,5:2,5	15,22	0,42	0,70
1:1,5:3	13,96	0,39	0,78
1:2:3	12,81	0,47	0,71
1:2:4	11,20	0,42	0,84
1:2:5	10,00	0,37	0,98
1:2,5:4	10,43	0,48	0,77
1:2,5:5	9,40	0,44	0,87
1:3:5	8,79	0,49	0,82
1:3:6	8,01	0,44	0,89
1:3:7	7,36	0,41	0,96
1:4:8	6,23	0,46	0,92
1:5:10	5,09	0,47	0,94

ノ結果ト一致シ得ベキカヲ定ムルコト困難ナリ從ツテ以上ノ各表ハ單ニ一般ノ概念ヲ得ルノ資料タルニ過ギズ故ニ若シ「セメント」ノ使用量非常ニ多額ナル場合ニハ實際ノ「セメント」及砂ヲ使用シテ膠泥ノ或產額ヲ嚴密ニ測定シ砂利若クハ碎石ノ空積ト其搗固ノ程度トヲ一定シテ實際混疑土ノ或單位容積ニ要スル各材料ノ量ヲ確定スルコト必要ナルベシ斯クノ如キ場合ニ於ケル十圓ノ實驗費ハ優ニ數百若クハ數千圓ノ「セメント」ヲ節約シ得ル利益アルコトヲ忘ルベカラズ。

3)「フルーラー(Fuller)」氏實驗公式 混疑土一立坪ニ要スル各材料

ノ量ヲ定ムベキ最モ簡便ナル方法ハ「フルーラー」(Fuller) 氏ノ實驗公式ヲ使用スルニアリ今セメント砂及砂利(若クハ碎石)ノ配合比ヲ

$x:y:z$ トセバ

$$\text{混泥土一立坪ニ要スルセメント} = Q = \frac{88}{x+y+z} \quad (14)$$

$$\text{“ “ “ 砂ノ立坪} = Q \cdot y \cdot \frac{4^*}{216} \quad \dots \dots (15)$$

$$\text{“ “ “ 砂利ノ立坪} = Q \cdot z \cdot \frac{4^*}{216} \quad \dots \dots (16)$$

* 「セメント」一樽ノ容積ヲ四才ト假定ス。

此算式ニ基キ普通配合ノ比ニ於ケル混泥土一立坪ニ要スル各材料ノ所要量ハ第二十一表ノ如シ。

第二十一表

混泥土一立坪ニ要スル原料ノ量			
配合(容積)	「セメント」ノ樽數	輕盛砂ノ立坪	輕盛砂利ノ立坪
1:2:3	14,67	0,54	0,82
1:2:4	12,57	0,47	0,94
1:2 $\frac{1}{2}$:5	10,85	0,48	0,96
1:3:6	8,80	0,49	0,98
1:4:8	6,77	0,50	1,00

明治三十六年小野田「セメント」會社ニ於テ實驗シタル種々ノ配合ニ對シ混泥土ニ要スル各材料ノ割合成績ハ頗ル参考トナルベキヲ以テ之ヲ第二十二表ニ掲載スペシ。

注意 各材料20リートル宛ノ平均ニ依リ

「セメント」一リートルノ重量 1,230 kg.

砂 " 1,230 "

砂利一リートルノ重量 1,760 kg.

第二十二表

容積及重量配合ニ於ケル混泥土材料ノ所要量						「セメント」一樽ヨリ得ラル 可キ混泥土量 (立方メートル)	
配合比 (容積)	混泥土一立方メートルノ所要量		配合比 (重 量)	混泥土一立方メートルノ所要量			
	「セメント」砂 (キログ)	砂利 (キログ)		「セメント」砂 (キログ)	砂利 (キログ)		
1:1:1,41	427	427	600	1:1:2	525	3,1 525 1050 0,32	
1:1:2	386	386	772	1:1:2,82	478	2,8 478 1348 0,37	
1:2:2,81	275	549	772	1:2:4	338	2,0 675 1350 0,50	
1:2:4	232	463	926	1:2:5,66	285	1,6 570 1630 0,63	
1:3:5	170	512	852	1:3:7,14	210	1,2 630 1500 0,83	
1:3:4,24	182	549	772	1:3:6	225	1,3 675 1350 0,77	
1:3:6	154	462	923	1:3:8,33	195	1,1 582 1624 0,90	
1:4:5,63	137	549	772	1:4:8	169	1,0 675 1350 1,00	
1:4:8	116	464	937	1:4:11	150	0,9 600 1650 1,13	

第五節 混泥土ノ混合ニ必要ナル水量

「セメント」及混疑料ニ要スル水ハ能ク此等ノ原料ヲ混摺シテ等質ノ粘態ヲ作ルト同時ニ「セメント」ノ硬化ニ必要ナル丈ケノ分量ヲ有セザル可ラズ其水量ハ通常「セメント」及混疑料ノ乾燥重量ノ百分率ニテ之ヲ示ス故ニ若シ最初ヨリ濕潤セル材料ヲ用フルトキハ實驗的ニ其含有水量ヲ測定シ置キ加フベキ水ヲ加減セザル可ラズ其水量ニ關シテハ確タル算式ヲ以テ之ヲ示スコト能ハズシテ其使用ノ目的配合ノ貧富, 原料ノ性質等ニ依リテ夫々所要水量ヲ異ニセザル可ラズ假令バ膠泥ハ使用上糊狀態タルヲ要スベク搾固ヲ要スル混疑土ハ地濕的(Earthmoist) ナルベク鐵筋混疑土ニ使用スルモノハ水濕的(Wet or plastic)タルヲ要スルガ如シ。

混凝土ノ練方ハ技術者ニ依リテ其區分ノ名稱ヲ異ニスレドモ大様三種ニ分ツコトヲ得ベシ(1)堅練,(Dry Consistency)ハ濕土程度ニアルモノニシテ永ク搗固ヲ續ケタル後始メテ表面ニ水露ヲ呈スルモノ(2)中練(Medium or quaking Consistency)ハ粘膠程度ニアルモノニシテ搗固ニ依リテ振搖自在ナルモノ(3)軟練(Mushy Consistency)ハ人ノ重量ニ堪エズ普通ノ打杵ハ自己ノ重量ニ依リテ沈降シ早ク掬投スルニアラザレバ方匙(Shovel)ヨリ流下スル程度ニアルモノヲ云フ.

練合ノ程度ヲ如何ニスペキカハ技術者ノ間ニ意見一致セズ或者ハ常ニ堅練ヲ主張シ或者ハ極端ニ灰汁ニ近キ軟練ヲ愛用スレド大體ニ就キテ之ヲ云ヘバ堅練ハ打固メ後約一ヶ月内外ニシテ强大ナル壓力ヲ受クル基礎ノ如キ凡テ質量的ノモノ,中練ハ重壁,大拱,橋臺,橋脚等普通壓力ヲ受クルモノ,軟練ハ建物ノ壁,柱,床,水管,水槽等凡テ鐵筋ヲ有スル薄キ構造物ニ適ス又同一ノ硬度ニ練上グルニ優性ノ配合比ヲ有スルモノハ貧弱ノ配合ヲ有スルモノニ比シテ又急硬性「セメント」ハ緩硬性「セメント」ニ比シテ何レモ多クノ水ヲ要シ比重大ナル「セメント」ハ其小ナルモノニ比シ少量ノ水ニテ足ルベク細粒ノモノハ粗粒ノモノニ比シ大小粒混合ノモノハ等粒ノモノニ比シ有孔質ノ材料ハ緻密ナルモノニ比シテ何レモ水ノ多量ヲ要スベシ又水量ハ空氣ノ溫度及濕度吸水ノ程度,堰板ノ良否等ニ依リテモ夫々加減セザル可ラズ.

如斯膠泥及混凝土ニ對シ一定ノ水量ヲ示スコト困難ナリト雖ドモ一般ニハ最大强度ノ膠泥ニ要スル水量ハ「セメント」及砂ニ對スル重量ノ9%乃至10%ニシテ混凝土ニアリテハ堅練ノ水量ハ

全材料ノ重量ノ4%乃至6%, 中練ノモノハ7%乃至9%, 軟練ノモノハ10%乃至13%内外ト見做シテ大差ナカルベシ.

鐵筋混凝土構造物ニシテ彎曲ヲ受クル桁類ニアリテハ殊ニ其應張側ニ於ケル鐵筋ヲ充分ニ包圍スルヲ要シ又搗固ヲ充分ニ行ヒ得ザル爲メ空積ヲ残スノ恐レアルヲ以テ必要上中練若クハ軟練ヲ用キザル可ラズ又柱ノ如ク鐵筋ト混凝土トハ同一ノ方向ニ應力ヲ受ケ然カモ大部分ハ軸壓ヲ受クル場合多キヲ以テ可成堅練ノモノヲ使用シ出來得ル限り薄層毎ニ之ヲ搗固ムルコト必要ナルベシ何トナレバ此場合ニハ鐵筋ト混凝土トノ間ノ粘着ヨリモ混凝土ノ應壓力ガ最モ必要ナル職掌ヲ有スベケレバナリ 場合ニ依リ鐵筋ノ交錯セル爲メ搗固ノ困難ナル處若クハ不可能ナル處ニアリテハ軟練ヲ用ウル方却ツテ堅練ノモノヲ用ウルヨリモ専ロ緻密ナル仕上ヲ得ベキナリ勿論搗固ヲ充分ニ爲シ得ル場合ニハ軟練ノモノニ比シテ堅練ノモノハ水密質ノモノヲ得ベキハ論ヲ俟タズ.

猶練方ノ程度ニ關シテ其利害ヲ擧グレバ能ク搗固メタル堅練混凝土ハ軟練ニテ搗固不充分ナルモノニ比シテ空積少ナシ去レド屢々水ノ不充分ニシテ練方ノ不揃ナルモノヲ知ラズタ使用スルノ危險アリ之ニ反シテ軟練ノモノハ充分ナル搗固ヲ爲シ能ハザルヲ以テ氣泡ヲ存ゼシムル恐レ多キモ能ク鐵筋ヲ包圍シテ相互ノ粘着ヲ確實トシ搗固及堰板ノ費用ヲ節約セシムルコトヲ得ベシ要スルニ中練ノモノハ兩極端ノ危險ヲ避クルコトヲ得テ相當ノ搗固ヲナシ水ノ不足ヨリ來ル凝結ノ不完全ヲ防止シ適當ニ鐵筋ノ周圍ヲ保護スルニ適セリト認ムルコトヲ得ベシ「コンシデー

ル」(Considère),「キエーネン」(Koenen),「クリストフ」(Christophe),「サッシャー」(Thatcher)氏ノ如キハ堅練ヲ主張シ「アンネビック」(Hennebique),「コッタンサン」(Cottancin),「シオーデー」(Chaudy)氏ノ如キハ中練リヲ主張セル論者ナリ。

猶水ノ分量ガ膠泥及混擬土ノ强度ト如何ナル關係ヲ有スルヤハ更ニ本編第十章及第十一章ニ於テ之ヲ論ズベシ。

第四章 混捏ノ方法

第一節 概 説

混擬土混捏(Mixing)ノ方法ハ種々アリト雖モ所要等質ノ練上リヲ得ベクンバ必ズシモ其方法ノ如何ハ問フ處ニアラズ要ハ其練上リノ色合一様ニシテ砂及ビ砂利ノ何レノ部分モ「セメント」及膠泥ノ薄膜ヲ以テ包圍セラレザルナク膠泥ノ或部分ガ他ノ部分ヨリモ乾燥セルガ如キ現象ナクンバ其混擬土ハ之ヲ一様ニ練上リタルモノナリト云フヲ得ベシ其混捏ノ方法ハ手練(Hand Mixing)ト機械練(Machine Mixing)トアルモ充分監督ヲ注意スルトキハ何レモ同様ノ成績ヲ擧グルコトヲ得。必要ナル注意ハ原料ノ調合ヲ厳密ニ測ルコト色合若クバ練上リノ等質トナル迄混捏ヲ續クルコト、水ノ正確ナル定量ヲ使用スルコト、其運搬及積卸シニ適當ナル注意ヲ拂フコト等之ナリ。

混擬土ノ强度ハ、膠泥ガ混擬料ノ表面ヲ包圍スル程度、機械ノ能率、練上ノ熟練等ニ依ルハ勿論ナリト雖モ此等ノ條件同一ナルトキハ、混捏時間ノ多少ニ依リテ大ナル差違ヲ生ズベシ米國「コールマン」(Coleman)氏ガ1:3ノ膠泥ニ於テ其混捏ノ時間ヲ異ニセルモノニ就キ試験シタル結果第二十三表ノ如シ。

該表ノ成績ニ據レバ假令バ1分間及10分間混捏セルモノニ就キ之ヲ比較スルニ其强度増加率大略次ノ如シ。

7日	28日	3ヶ月	6ヶ月	1年	2年
59%	54%	43%	40%	41%	25%

第二十三表

1:3 の配合ヲ有スル膠泥ノ强度ト混捏時間トノ關係

混捏時間	(乾燥セル混 水量 凝料ニ對ス ル百分率)	平均抗張强度 (%)					
		7日	28日	3ヶ月	6ヶ月	1年	2年
1"	8.25	231.6	317	397	437	435	420
2"	8.25	274.4	366	425	447	468	430
3"	8.25	288.2	396	454	516	521	459
4"	8.25	306.8	418	466	534	536	490
5"	8.25	324.6	436	495	546	532	515
6"	8.25	335.0	446	528	554	559	481
7"	8.37	344.8	446	500	569	585	530
8"	8.50	387.2	471	530	571	563	511
9"	8.75	362.2	469	538	603	601	530
10"	8.87	368.6	488	564	612	615	524

手練及機械練ノ比較経費ハ全ク其現場ノ状態ニ依リテ定ムルモノニシテ若シ混泥土ノ所要量少ナキトキハ混捏ノ設備費及其利息ト機械減價 (Depreciation) トノ加ヲ產額ニテ除シタル費用嵩ムベキヲ以テ手練リノ勝レルコトハ云フヲ俟タズト雖モ若シ其所要量多クシテ設備ノ費用ヲ償フテ餘リアルトキ或ハ屢々其位地ヲ移動スル必要アル場合ニハ機械練トナス方利益ナルコト尠カラズ。

第二節 手練法

混泥土ノ練方ハ一見其方法頗ル簡易ナルヲ以テ監督者ハ往々之ヲ無責任者ニ一任シテ其結果ヲ輕視スルコトアルガ如キハ大ナル謬見ナリ混混凝土ノ出來榮强度等ハニ細心ナル注意ト嚴密

ナル監督トニ依リテ之ヲ得ベク其結果ハ設計ノ良否ニ重大ナル關係ヲ有ス故ニ監督者ハ須ラク原料ノ配合ヲ嚴密ニ監視シ鄭重ナル切返シヲ重ネテ其等質トナレルヤヲ見計ヒ打込ミノ箇所方法等ニモ充分ノ注意ヲ拂フベク其他水ノ加減, 搗固メノ程度, 填充ノ方法等何レモ相當ノ智識ト經驗トヲ要スペキモノ多シ豫メ不充分ナル混捏不適當ナル取扱等ヲ見込ミテ材料ニ所定ノ比例以上ノ餘裕ヲ與ヘ置クガ如キハ最モ拙劣ナル方法ナリト云ハザル可ラズ無用ニ「セメント」ヲ增加スルヨリモ寧ロ混捏ノ方法ヲ鄭重トスルノ勞銀ノ廉ナルニ如カザルコトヲ知ルベシ。

手練ヲ施スニハ最初練臺ヲ可成工事ノ最近距離ニ据付ケ「セメント」砂及砂利ハ之ニ近ク貯藏スペク又運搬, 打方等ノ準備モ充分便利ナル様豫メ之ヲ見計フベシ練臺ハ厚サー寸五分内外ノ木材ニテ作ルコトアルモ近來本邦ニテハ大抵四・八乃至五十ノ鐵版ヲ使用スルコト多シ。

混捏ノ方法ハ技術者ノ考ニ依リテ一定セズ一般ニ之ヲ云ヘバ

- 1) 「セメント」ト砂トヲ乾狀ノ儘混捏シ之ヲ砂利若クハ碎石上ニ加エ其切返ヲ爲スニ從ヒテ順次水ヲ加フルモノ
- 2) 「セメント」ト砂トヲ乾狀ノ儘混捏シ其上ニ砂利若クバ碎石ヲ加エテ切返ヲ爲スニ從ヒテ順次水ヲ加フルモノ
- 3) 「セメント」ト砂トニ水ヲ加エテ豫メ膠泥ヲ作り之ヲ砂利若クバ碎石ノ上ニ擴ゲ其切返ヲ爲スモノ
- 4) 「セメント」ト砂トニ水ヲ加エテ豫メ膠泥ヲ作り其上ニ砂利若クバ碎石ヲ擴ゲ其切返ヲ爲スモノ
- 5) 砂利若クバ碎石, 砂及「セメント」ヲ順次層ヲ重ネ少シク混淆シ

テ圓四狀ニ擴グ中央ニ水ヲ注ギテ全體一時ニ切返ヲ爲スモノ。何レノ方法ニ依ルモ「セメント」ト砂トヲ或時間ノ前豫メ混合シ置クコトハ必ズ之ヲ避クベシ是レ砂中ニ含有スル濕氣ニ依リ「セメント」ノ凝結ヲ促スノ恐レアレバナリ以上ノ方法中本邦ニ於テ最モ普通ニ行ハル、モノハ第二法ニシテ外國ニテハ第三第四ノ方法ヲ採レルモノ尠カラズ第一第二ノ方法ハ簡易ナルモ切返ノ度少ナキトキハ等質ノモノヲ得ルコト難ク第三第四ノ方法ハ時間ヲ要スルコト多キモ完全ナル仕上リヲ得ルニ近シ第五ハ極メテ少量ノ混擬土ヲ製作スル場合ノ外一般ニ之ヲ適用スルコト尠ナシ。

添和スペキ水ハ一般ニ蛇管若クバ水桶ニ依リテ之ヲ供給スルモ何レニ優劣アリトハ必ズシモ斷言シ難シ但シ劇シク水ヲ撒布スルハ「セメント」ヲ洗滌スルノ恐レアルヲ以テ注意スペシ一般ニハ最初ニ大部分ノ水ヲ加エテ混合ノ程度ヲ見計ヒ如露ニテ更ニ少量宛ヲ加減スペク急硬性「セメント」ヲ使用スルトキハ可成早ク混擬ヲ了スペシ水量ハ一日中ニアリテモ加減ヲ要スペク薄壁ニアリテハ層ヲ重ヌルニ從ヒ水ハ順次其表面ニ上昇スルヲ以テ各層混合ノ水量ヲ適宜減少スルヲ要ス又構造物ノ種類攜固メノ程度等ニ依リ夫々水量ヲ加減セザル可ラズ猶本編第三章第五節ヲ參照スペシ。

混擬ノ方法ハ本邦ニテハ普通二人ノ練手練臺ノ兩側ニ立チ初メ一方ノ端ヨリ他端ニ向ヒテ切返シ更ニ原端ニ切返シツ、復歸スルモ練臺ノ大ナルモノヲ使用スル時ハ四人ノ練手二組ニ分レテ兩側ニ立チ初メ中心ヨリ二人宛各端ニ向ヒテ切返ヲ爲シツ、進ミ次ニハ終端ヨリ中央ニ向ツテ切返ヲ爲ス混擬ノ回數ハ「セメ

ント及砂ニ就キ空練四回砂利ヲ加エテ更ニ空練四回次ニ水ヲ加エテ四回乃至六回本練ヲ爲スペク砂利ノ全部セメント灰色ヲ呈スルニ至リテ已ム。

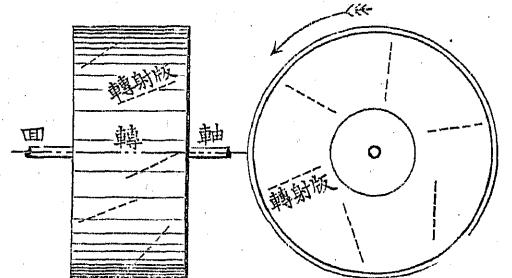
所要人夫ノ數ハ各人其職掌ニ應シテ何レモ空手時間ヲ消費セザル程度ニ配置セザル可ラズ材料及混擬土運搬ノ距離難易等ニ依リ夫々異ナリト雖モ「セメント」砂及砂利ヲ量ル者之ヲ運搬スル者混擬ヲ爲ス者水ヲ供給スル者練上リノ混擬土ヲ運搬スル者等大抵全部一組ニ付キ合計十二人乃至十五人ヲ要ス練臺ハ少クトモ二臺ヲ据付ケ一方ニテ練返ス間ニ他方ニハ練上ノ材料ヲ運搬スル様夫々按排スルコト必要ナリ。

第三節 機械練法

混擬土ノ多量ヲ取扱フ場合ニハ機械練トナス方經濟的ニシテ等質ノモノヲ得ルニ便ナリ機械練ニアリテハ練方ノ人夫及時間ヲ節約シ得ル代リニ設備ノ費用機械原價ノ利足及其減價等ノ失費ヲ見積ラザル可ラズ故ニ少量ノ場合ニハ一般ニ不經濟ナリ其設備及材料取扱ノ方法若クバ混擬機ノ撰定等ハ現場ノ狀況一日所要ノ產額混擬土ノ總量等ニ依リテ異ナルベシ。

混擬機(Concrete mixer)ハ之ヲ二種ニ分ツコトヲ得 1)連續混擬機(Continuous mixer) 2)不連續混擬機(Batch mixer)是ナリ連續混擬機ハ機械ノ一方ヨリ原料ヲ少量宛給養シ他方ヨリ絶エズ練上タルモノヲ排出スルモノ不連續混擬機ハ一回毎ニ適當ニ配合セル原料ノ或定量ヲ給養シ混擬ノ後一團トシテ之ヲ排出スルモノヲ云フ去レド實際ニハ其動キヲ何レニモ應用シ得ルモノアルヲ以テ極メテ明確ニ此二種ヲ區別スルコト蓋シ困難ナリト云フベシ

第十九圖

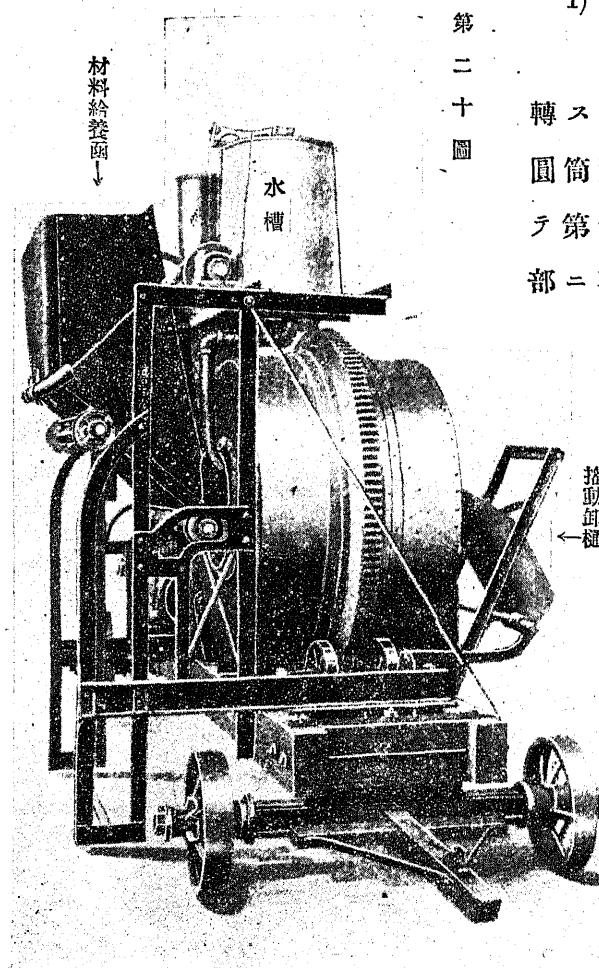


混捏機ハ其型式ニ依リテ之ヲ區別セバ 1) 回轉混捏機(Rotary mixer), 2) 溝形混捏機(Paddle or trough mixer), 及ビ 3) 重力混捏機(Gravity mixer), ノ三種トナルベシ。

1) 回轉混捏機.

a). 水平軸ノ周圍ニ回轉スル大鼓形(Drum)若クバ圓筒形(Cylinder)混捏機ニシテ第十九圖ニ示スガ如ク内部ニ轉射版(Deflector), ヲ有シ

連續的ニ其一端ヨリ材料ヲ受ケ他端ヨリ之ヲ排出シ得ベシ材料ハ其回轉ニ伴ヒ轉射版ニ衝突シテ一方ヨリ他方ニ轉顛スル様裝置セラル内部ノ混凝土ハ混捏ノ際之ヲ窺見スルコトヲ得ベシ第二十圖ニ示セル「シカゴ」式

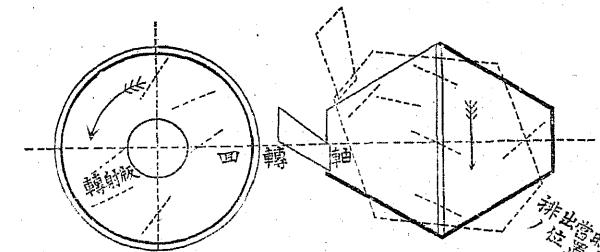


第二十圖

(Chicago mixer) ハ此種類ニ属スルモノニシテ圓筒ノ内部ニ四個ノ尖細鋤簾形及版(Scoop like blades)ヲ有シ別ニ漏斗形ノ材料給養函(Charging skip)ヲ備ヘ此函ハ地上ニ降リテ豫メ配合シ來レル材料ヲ受ケ機械ニ依リテ吊上グラレ其材料ヲ機内ニ投入スレバ機ハ其軸周ヲ回轉シ初メ各點ノ材料ハ交ルタ之ヲ鋤簾ニ集メ更ニ中心ニ向ツテ之ヲ投射スペシ別ニ排出口ノ下部ニ樞軸ノ周圍ニ搖動シ得ベキ卸樞(Swinging spout)ヲ有シ混捏ヲ了シタル場合ニハ此卸樞ハ深ク排出口ノ内部ニ入りテ傾垂シ茲ニ混凝土ヲ受ケ卸樞ノ急勾配ヲ降リテ速カニ受車内ニ排出セシム。其混捏機ノ寸法八種ニシテ一回ノ混捏量3乃至53立方呎, 動力2乃至35馬力ヲ要ス。機ハ大鼓形函ノ周圍ニ有齒輪ヲ有シ, 齒車ニ依リテ堅ニ回轉セシム「ランサム」式(Ransome's drum mixer)ハ此種類ニ属スルモノナリ。

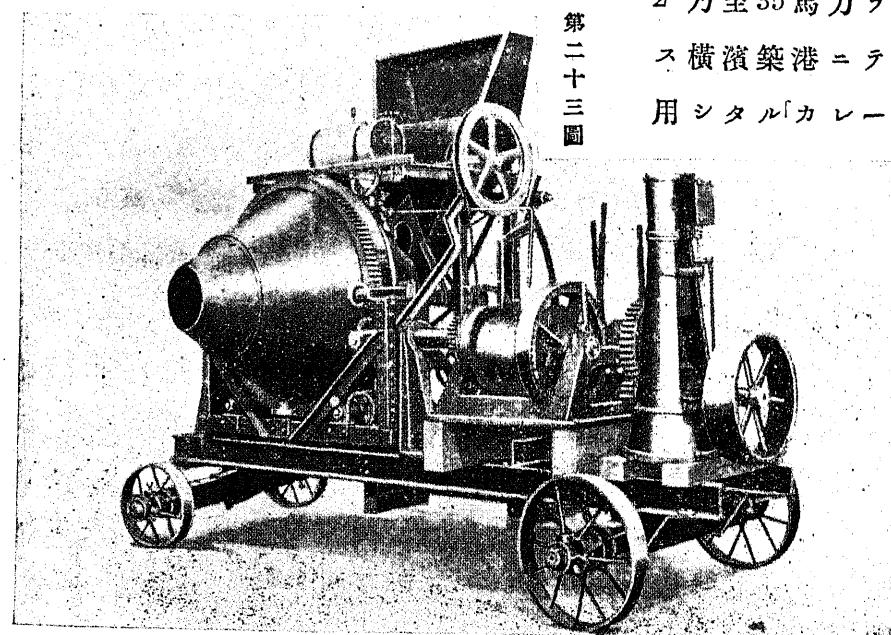
b) 水平軸ノ周圍ニ回轉スル複式圓錐形混捏機(Double cone mixer)ニシテ第二十一圖ノ如ク其函内ニハ轉射版ヲ有シ材料ハ間断ナ

第二十一圖

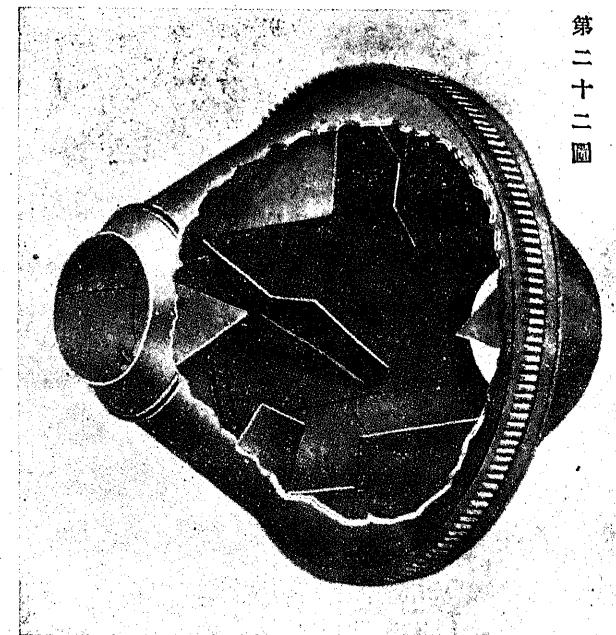


ク一方ヨリ之ヲ給養シ他方ヨリ之ヲ排出スペク混捏ノ模様ハ外方ヨリ窺見スルコトヲ得ベシ「スマス」式混捏機(Smith's mixer)ハ

此種類ニ属スルモノニシテ其形第二十三圖ノ如シ其材料給養ノ方法ハ「シカゴ」式ト同ジ但シ其排出ハ支架ニ於ケル水平軸ノ周リニ函ヲ前方ニ傾斜セシメ回轉混捏ヲ續ケッ、之ヲ排出シ得ル裝



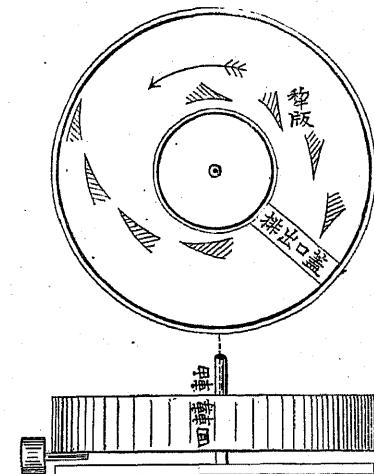
第二十三圖



第二十二圖

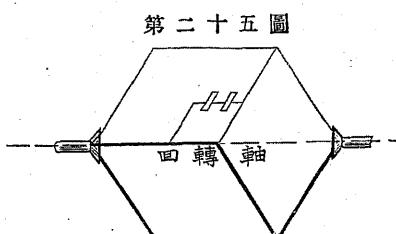
置ニシテ圓内轉射版ノ構造ハ第二十二圖ニ示セルガ如キ形ヲ有ス圓内ノ混擬土ハ10秒乃至15秒毎ニ之ヲ排出シ得ベク其混擬機ノ寸法ハ九種ニシテ一時間三十回ノ混擬ヲ爲スモノトセバ其能率略0.5乃至8坪ニ至リ動力2乃至35馬力ヲ要ス横濱築港ニテ使用シタル「カレーラ

第二十四圖

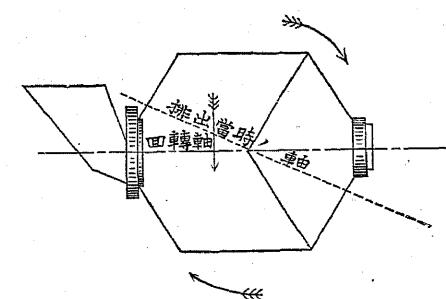


c) 垂直軸ヲ有スル圓形皿函式混擬機 (Revolving pan mixer) ニシテ第二十四圖ニ示セルガ如ク材料ヲ圓内ニ入ル、トキハ固定セル散開機 (Spreader) ニ依リテ之ヲ均ラシ皿函ハ水平ノ方向ニ回轉シ初ムベシ此時放線狀ノ腕鋸 (Arm) の先端ニ犁版 (Plow) の列ヲ有スル框機 (Frame) の皿函中ニ垂下シ皿函ノ回轉ニ伴ヒテ犁版ハ不動ノ位置ヲ保持シテ、其材料ヲ混擬セシム此式ニアリテモ其動作亦繼續的ニシテ混擬ノ模様ハ全ク外方ヨリ之ヲ望視スルコトヲ得ベシ。

d) 立方式混擬機 (Cube mixer)



第二十六圖

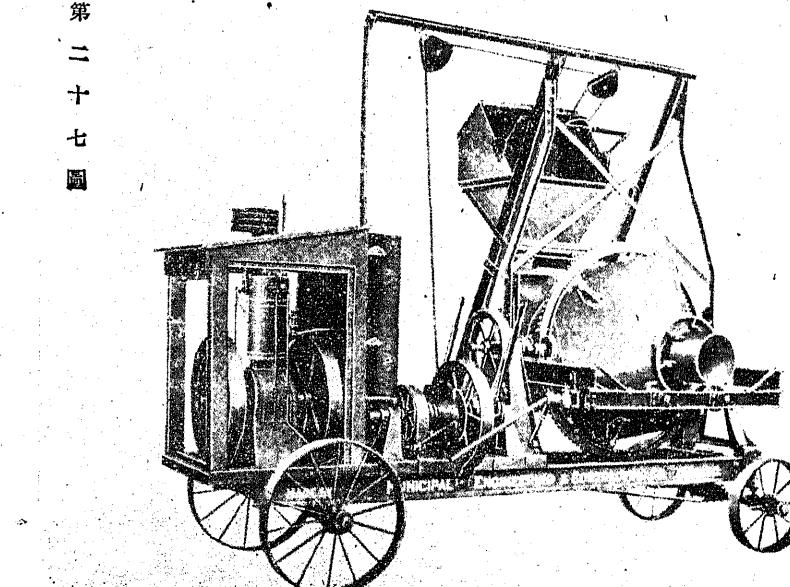


サム式 (Carey Latham) ハ又此種類ニ屬シ機ハ圓筒型ニシテ其回轉水平軸ニ及版ヲ有シ水ハ軸ノ半部ニ於ケル穿孔ヨリ噴射シ得ル裝置ヲ有ス更ニ「レイクウード式 (Lake wood), 「インターナショナル式 (International), 「ケーリング」式 (Koehring), 「スタンダード式 (Standard), 「マーシュカプロン式 (Marsh Capron), 「アイデアル式 (Ideal) 等凡テ此種類ニ屬スルモノナリ。

ニシテニツノ對角線的反對ノ隅端ヲ連ヌル水平軸ノ周リニ迴轉スルコト第二十五圖ノ如ク材料ハ一方ノ戸ヲ開キテ之ヲ入レ混捏ヲ了レバ再ビ其戸ヲ開キテ之ヲ排出ス即チ其動作不連續的ニシテ混捏ノ模様ハ外方ヨリ之ヲ窺見スルコトヲ得ズ「メッセント式(Messent's mixer)」ハ此種類ニ屬スルモノナリ。

e). d) ト同型ナルモ別ニ材料給養口及排出口ヲ有スルコト第二十六圖ノ如キモノニシテ排出ノ際機ヲ傾斜セシムルコト「スマス式」ト同ジ又其動作連續的ニシテ外間ヨリ混捏ノ模様ヲ窺見スルコトヲ得ベシ第二十七圖ニ示セル「キューブ式」混捏機(Cube mixer)ハ此種類ニ屬スルモノナリ其寸法七種ヲ有シ能率一時間 0.35 乃至 9 立坪、動力ハ 3 乃至 30 馬力ヲ要ス「オースチン式(Austin mixer)」ハ又此一種ナリ。

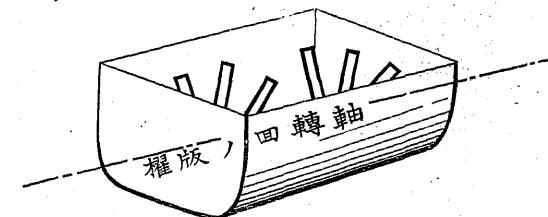
第二十七圖



2) 溝型混捏機.

a) 車式溝型混捏機ハ水平半圓筒函内ニ於ケル縦軸ノ周圍ニ數多ノ輪葉(Paddle)ヲ有シ開溝内ニ回轉スルコト第二十八圖ニ示

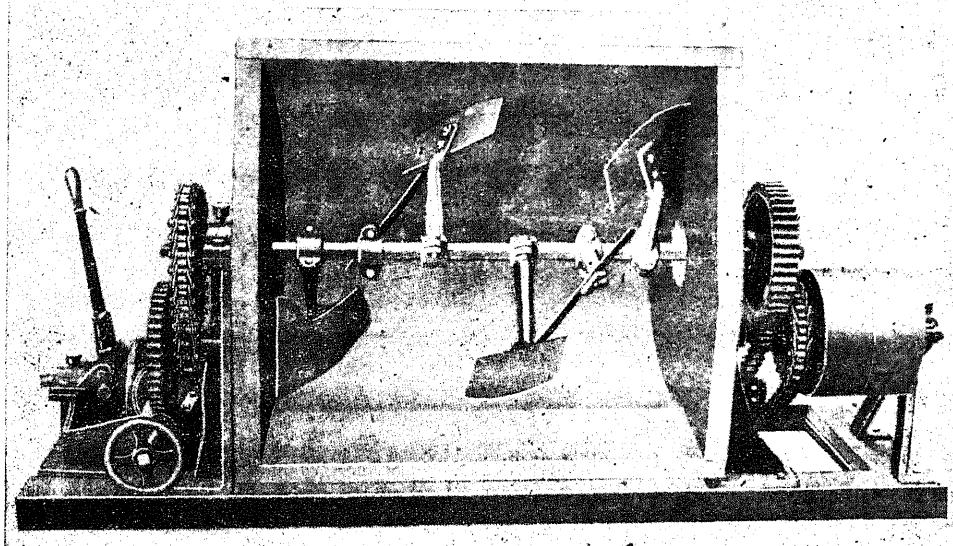
第二十八圖



セルガ如キモノニシテ不連續式及連續式ノ二種アリ「アイデアル」式(Ideal type mixer)ハ其形第二十九圖ノ如ク不連續

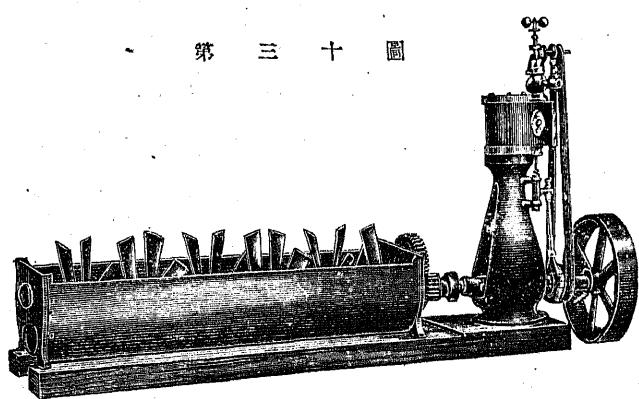
式ニシテ四箇ノ擡版ヲ有シ軸ノ回轉ニ連レ材料ノ混捏ヲ了レバ

第二十九圖



機ハ側面ニ轉回シテ混擬土ヲ排出ス一回 7 立方呎ヲ製シ動力 2 乃至 3 馬力ヲ要ス連續式ニアリテハ輪葉ハ無端螺旋(Endless screw)ノ形チニ類似セル角度ヲ爲シテ並列シ長キ開溝ノ終端ニ向ツテ材料ヲ切返シツ、之ヲ押送セシム材料ハ人夫ニ依リテ其一端ヨ

第三十圖



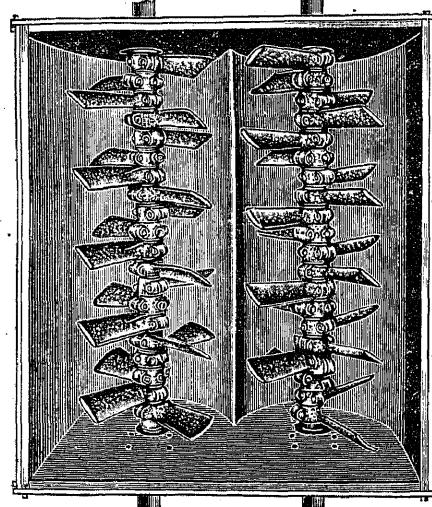
リ順次供給スルモノト之ニ附屬セル漏斗内ニ入レ自動的に配合シ得ルモノトアリ「ブレーン」式混捏機(Plain trough mixer)ハ

第三十圖ノ如ク前

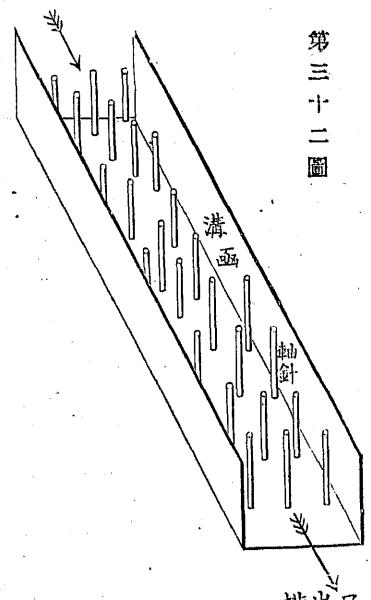
者ニ属シユーレカ式混捏機(Eureka automatic feed mixer)ハ材料ノ配合自動的ニシテ後者ニ属スルモノナリ何レモ其混捏ノ模様ハ外方ヨリ之ヲ監視スルコトヲ得ベシ。

b) 複式溝型混捏機(Twin trough mixer)ハ相平行セルニ軸ニ各輪葉ノ數列ヲ有シ互ニ反対ノ方向ヲ

第三十一圖



第三十二圖

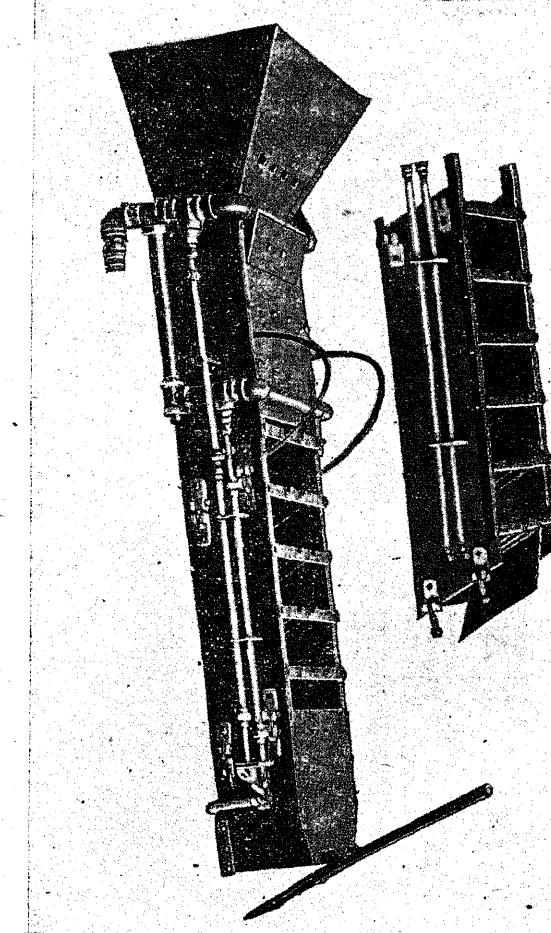


ナシテ長キ開溝内ニ回轉スルモノニシテ其作用單式ト同ジ第三十一圖ニ示セルモノハ「ブロウトン式(Broughton mixer)ニシテ「 Kunz式(Kuntz mixer)モ亦此種類ニ属スルモノナリ。

3) 重力式混捏機

a) 軸針(Pin)ノ列ヲ有スル傾斜セル卸樋(Chute)ヲ利用スルコト第三十二圖ノ如ク材料ハ其上端ヨリ投入サレ重力ニ依リテ落

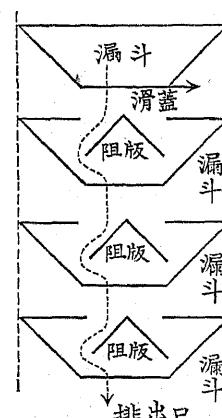
第三十三圖



下スルニ伴ヒ軸針ニ觸レテ絶エズ其方向ヲ轉換シテ混捏スル裝置ニシテ其模様ハ外方ヨリ之ヲ窺視スルコトヲ得ベシ第三十三圖ニ於ケル「ルーダー式(Luder's mixer)ハ此種類ノ變形ナリ即チ4乃至10呎ノ角型堅函ヲ有シ其兩側ニ堅ニ 20° 乃至 25° ヲ爲シテ附接セル轉射版ヲ有シ更ニ他ノ二側ヲ通ジテ細キ數條ノ圓桿ヲ架渡シ其上端ニ

ハ漏斗ヲ備エ原料ハ茲處ヨリ落下シテ轉射版ニ依リ一側ヨリ他側ニ材料ヲ投射シ同時ニ其落下ニ伴ヒ材料ハ互ニ衝突混捏ノ作用ヲ爲スギルプレッス式(Gilbreth's mixer)及ダウム式(Daum's mixer)ト稱スルハ亦此種類ニ屬スルモノナリ何レモ其排出口ニ開閉蓋ヲ有シ横桿ヲ利用シ必要ニ應ジテ材料ハ隨時之ヲ受車ニ排出セシムルコトヲ得.

b) 漏斗(Funnels)ノ列ヲ縱段違ニ排列セル形ニシテ第三十四
第三十四圖



圖ニ示セルガ如ク各漏斗ノ廣キ排出口ニ阻版(Baffles)ヲ形成セル仰形圓錐版ヲ有ス上部ノ漏斗ハ滑蓋ニ依リテ閉デラレ材料受函ノ形チトナリ茲處ニ適當ノ水ヲ混ジタル後滑蓋ヲ開ク時ハ材料ハ重力ニ依リテ落下シ阻版ニ衝突シテ轉顛シツ、排出口ニ出ヅベク其混捏ノ模様ハ一部之ヲ窺見スルコトヲ得「ヘーンス」式(Haines mixer)及「オットカイザー」式(Otto Kaiser's mixer)、此種類ニ屬スルモノナリ。

以上各式トモ水ハ何レモ別ニ備ヘタル水槽若クバ水道管ニ依リテ供給ス其加減スペキ量ハ一定ノ法則ニ準スルコト難ク何レモ大體標準ノ下ニ取扱者ノ熟練ニ任セザルベカラズ假令材料ガ絶対ニ等一條件ノ下ニ供給セラル、場合ト難モ一函宛ノ產額ニ於テ亦等一ノ練上ヲ得ルコトヲ保證シ難シ何トナレバ混凝土ヲ或箇所ニ打上ダルトキ水ハ一層ヨリ他層ニ浮上リ從ツテ午前中ニ練上ゲタルモノヨリモ午後ニ練上ゲタルモノハ少量ノ水ニテ可ナルガ如キコトアルベケレバナリ。

混捏機ニ關スル型式ノ選擇ハ屢々其現場ノ状態ニ依リテ支配サルベシ假令バーク處ニ混凝土ノ多量ヲ要シ機械ヲ定位置ニ据付クルモ差支ナキトキハ材料ヲ凡テ茲處ニ集中スルニ便ナル様輕便軌道「エレヴエートル」等ノ設備ヲ爲ス方經濟的ナルコトアリ之ニ反シテ水管若クハ土留石垣工事ノ如ク少量宛長キ距離ニ沿フテ混凝土ヲ要スルトキハ容易ニ移轉シ得ル様車臺上ニ載セ同時ニ輕量ノ混捏機ヲ使用スルヲ利益ナリトス又土地ノ状況ニ依リ工事場ノ附近ニ高地アルトキハ原料ヲ茲處ニ採集シ重方式混捏機ヲ据付クルヲ便トスル等必ズシモ絶對ニ型式ノ是非ヲ批判スルコト能ハザルナリ。

第四節 運搬設備

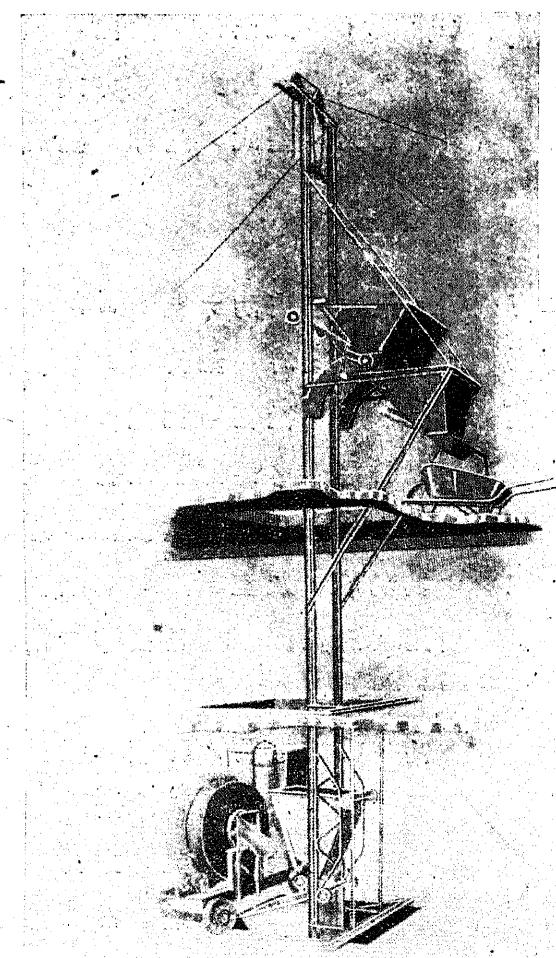
混凝土ノ混捏ヲシテ最モ有效的ニ最モ經濟的ナラシムルニハ混捏機型式ノ選擇ハ勿論必要ナリト雖モ同時ニ如何ニシテ原料及產出混凝土ヲ最モ容易ニ運搬シ得ルヤノ設備ニ注意セザルベカラズ素ヨリ其設計ハ土地ノ高低、原料運搬ノ距離、構造物ノ種類等ニ依リテ定メラルベク或特殊ノ場合ヲ想像シテ其設備ノ方法ヲ説クモ無益ノ業タルベシ宜シク其現場ノ状況ニ應ジテ數種ノ考案ヲ作製シ機械ノ配置、設備ノ費用、利息及減價經常費等ヲ精算シテ之ヲ比較セザルベカラズ。

練上リタル混凝土ヲ運搬スル方法ハ亦構造物ノ種類ニ從ヒテ夫々工夫セザルベカラズ假令バ數層ヲ有スル建物ノ上階ニ混凝土ヲ運搬スルニ最モ簡單ニシテ有效ナル方法ハ垂直ノ方向ニ輕量ノ橋ヲ組上ゲ其上下ニ滑車ヲ供ヘ無端ノ二重鐵鎖ヲ吊リ混捏機用動力ノ一部ヲ利用シテ之ヲ運轉セシメ其鐵鎖中所々鐵鈎ヲ

附屬シ混捏機ヨリ移セル混凝土ヲ入レタル汲子(Bucket)ヲ此鐵鉤ニ引掛け鐵鎖ノ廻轉ニ依リテ上階ニ汲子ノ達シタル時茲處ニ控ユル人夫之ヲ取外シ空虚トナレル汲子ハ再ビ之ヲ鐵鉤ニ吊シテ復歸セシムル様裝置スルコトアリ。此場合ニハ原料ハ可成混捏機ニ近ク豫メ之ヲ貯藏シ速カニ混捏機上ノ高臺ニ齋ラシメ漏斗ニ依リテ原料ヲ混捏機中ニ投入セシムルトキハ容易ニ且ツ連續的

ニ混凝土ヲ高ク上層ニ運搬セシムルコトヲ得ベシ。

或ハ小汲子ノ代リニ混捏機ニテ練上げタル總量ヲ一回ニ收容スベキ特殊受函ニ受ケ揚卸機ニ依リテ上床ニ達セシムレバ受函ハ自動的に廻轉シ茲處ニ据付ケタル溜樹内ニ落下シ更ニ溜樹ノ底部ニアル閉閉戸ニ依リテ茲處ニ來ル猫車又ハ他ノ運搬器内ニ適宜之ヲ取出シ得ベキ裝置トナセルモノアリ今一々



第三十五圖

此等ノ方法ニ就キテ之ヲ解説スルモ實際ノ場合ニ其儘適用シ難キモノアルヲ以テ之ヲ略シ後者ノ方法ニ關シシカゴ式混捏機會社目錄中ニ示セル裝置ヲ抜萃シ之ヲ第三十五圖ニ掲載セリ。

普通地盤上ノ工事ニハ現場ヨリ混合室迄輕便鐵道ヲ布設シ搖動軸上ニ休止セル受車ヲ混捏機下ニ進入セシメ直接ニ混凝土ヲ受取ラシムベク低地工事ニアリテハ重力ヲ利用シテ適當ニ勾配ヲ附セル卸樋ヲ利用シテ指定點ニ落下セシムベシ但シ此場合ニハ使用ニ際シ更ニ一二回ノ切返シヲ行フコト必要ナリドス。

第五章 膠泥及混凝土ニ對スル 海水ノ影響

第一節 海水中ニ於ケル龜裂ノ現象

現今ノ程度ニアリテハ絶對的ニ毫モ海水ノ分解作用ヲ蒙ラザル水硬「セメント」ノ種類ハ皆無ナリト云フコトヲ得ベシ然カモ其現象ニ對スル原因ノ研究ニ至リテハ未ダ完全ナル解決ヲ得ルコト能ハズ一方ニ於テ海水中ニ於ケル混擬土構造ガ永ク何等ノ作用ヲ受ケザルモノアルニ拘ラズ他方ニ於テハ殆ンド同一ノ状態ニ使用セラレタルモノニシテ急速ニ崩壊セルモノアルガ如キハ果シテ如何ナル原因ニ歸スベキカニ關シテハ化學者及技術者間ニアリテ未ダ疑問ノ爭點ヲ決シ得ザルトコロナリトス。

崩壊ノ現象ハ必ズシモ一様ナラズ或時ハ膠泥ハ柔軟質ト變ジ漸々解體スルモノアリ或時ハ膠泥ハ一種ノ外皮ヲ以テ蔽ハレ其外皮ノ漸次龜裂スルモノアリ最モ普通ニハ膠泥ノ表面ニ初メ白色ノ脈理ヲ生ジ時日ノ經過ト共ニ放大シテ開溝ト變ジ殆ンド一般ニ膠泥ノ内部ニ白色柔軟ノ分泌物ヲ生ジ漸々分離シ去ルヲ常トス然レドモ此物體ノ化學的成分ハ必ズシモ一定セルモノニアラズ分解作用ノ進歩ト苦土含量ノ程度トニ伴ヒ此白色ノ物質ハ膠泥ヨリ順次除去シ去ルヲ常トス。

第二節 「セメント」崩壊ノ化學的作用

古キ學說ニアリテハ「ポートランドセメント」ニ及ボス海水ノ有害作用ハ專ラ水中ニ於ケル苦土(Magnesia)ノ存在ニ歸シ海水中ノ

鹽化マグネシウム(Chloride of magnesia $MgCl_2$)及炭酸(Carbon dioxide CO_2)ハ皆膠灰中ノ石灰化合物ヲ犯シ鹽化石灰(Calcium chloride $CaCl_2$)及ビ酸性炭酸石灰(Calcium hydrocarbonate $CaH_2(CO_3)_2$)ヲ生ズ此二者ハ能ク水ニ溶解シ去リ膠泥ハ漸次疎鬆トナリ益々海水ノ作用ヲ促進スペシトセリ然レドモ其後「ヴィカ」氏(Vicat)及「ミハエリス」氏(Michaelis)等研究ノ結果ハ鹽化マグネシウムハ殆ンド其働キヲ有セズ寧ロ海水中ノ硫酸マグネシウム(Magnesium Sulphate $MgSO_4$)ガ石灰(Lime CaO)ト化合シテ硫酸石灰(Calcium Sulphate $CaSO_4$)ヲ作リ硫酸石灰ハ更ニ結晶性硫酸石灰(Hydrated Calcium Sulphate $Ca SO_4 \cdot 2H_2O$)トナリテ結晶スル際膨脹シテ崩壊現象ヲ呈スルモノ即チ苦土ハ寧ロ第二次ノ働キヲ有スルモノニシテ實際ニ於テ分解作用ヲ與フル首要ナル原因ハ可溶性硫酸鹽(Soluble Sulphate)トシテ化合セル硫酸根(SO_4)ニアルコトヲ認識セリ。

礬土(Alumina)及石膏(Gypsum)ハ亦有害ナル成分ナリト想像セラル「ミハエリス」氏(Michaelis)及「カンドロー」氏(Candlot)ノ實驗ニ從ヘバ「セメント」中ニ存在セルアルミニ酸石灰(Aluminate of lime $Al_2O_3 \cdot 3CaO$)ハ硫酸石灰(Sulphate of lime)ト化合スルノ性質ヲ有シ水溶液中ニ於テハ $Al_2O_3 \cdot 3CaO \cdot (SO_4 \cdot CaO)$ ナル複鹽ヲ生ジ容積ヲ膨大ス然カモ此物質ハ其結合力極メテ微弱ニシテ清水ニ溶解シ只石灰水ノミニ殘留シ得ベシト云フ要スルニ崩壊ノ作用ハ或ハ此理由ニ基クモノナリヤ更ニ前述ノ所謂硫酸石灰ノ形成ヨリ來ルモノナリヤ或ハ更ニ他ノ原因ノ存在ニ歸スルモノナリヤ否ヤ未ダ確然タル定説ヲ得ルコト難シト雖モ石灰若クハ礬土ニ富メルカ若クハ石膏ノ多量ヲ有スルモノハ一般ニ海水ニ對シ危險ナル性質ヲ有シ

屢々急激ナル崩壊作用ヲ見ルコトアリ但シ硅酸(Silica)及第二酸化鐵(Ferric oxide Fe_2O_3)ノ多量ニ存在スルハ却ツテ其崩壊ヲ防止スルノ效力アルガ如シ。

小野田「セメント」會社笠井博士ハ膠灰ノ成分ト海水ニ於ケル膨脹ノ關係トヲ研究シタル結果第二十四表ノ如キ成績ヲ得タリトシ結論トシテ膠灰ノ海水ニ對スル作用ヲ輕減スルニハ其製造方法ニ注意スルハ勿論ナリト雖モ又原料ノ化學的成分ヲ精査シ硅酸(SiO_2)ヲ增加シ礬土(Al_2O_3)ヲ減少スルノ必要ナルコトヲ立證シタリ。

第二十四表

膠灰ノ成分ト海水ニ於ケル膨脹トノ關係					
供試品番號	SiO_2 Al_2O_3	一ヶ年後ニ於ケル膨脹		二ヶ年後ニ於ケル膨脹	
		純 膠 灰	1:3 ノ 膠泥	純 膠 灰	1:3 ノ 膠泥
I	1,99	3,12	4,61	4,71	8,68
II	2,41	1,75	2,34	2,14	3,20
III	2,73	2,51	1,57	3,32	3,71
IV	3,68	2,14	1,53	3,27	3,31
V	6,39	1,00	1,00	1,00	1,00

(Vノ膨脹ヲ1,00トシテ他ノ膨脹率ヲ換算ス)。

第三節 海水作用ニ抵抗シ得ベキ原料

第二節ニ説明セシガ如ク近來ノ學說ハ苦土ヨリモ「セメント」内ニ於ケル礬土ガ最モ危険ナル要素ナルコトヲ攻究セル結果其量ヲシテ可成之ヲ少クセシムルノ方法ヲ採レル者多シ佛國土木局ニ於テ使用セル仕様書ニ從ヘバ海水中ニ使用スペキ「セメント」中

礬土ノ最大量ハ百分ノ八ヲ超過ス可ラズ猶其原料ヲ得ルニ困難ナラザル處ニアリテハ可成其量以下タラシムベシトセリ然ルニ實際ニ於テ礬土ハ「セメント」製造ニ於テ其媒熔劑(Flux)トシテ動クベキ要素ナルヲ以テ其量ヲ減ゼシムルトキハ窯燒ヲ困難ナラシムルノ不便アリ故ニ可成ハ酸化鐵(Iron oxide)ヲ補給シテ礬土ヲ減少セシムルノ外ナカルベシ實際分析室ニ於ケル實驗ニテハ全ク礬土ヲ有セズシテ鐵分ノ豊富ナルモノハ海水ニ對シテ完全ナル抵抗力ヲ有スルコト明カナレバナリ。

最モ豊富ナル石灰ヲ有スル「セメント」ハ海水中ニ最モ早ク崩解スルノ作用アリ是レ海水中ニアル鹽類殊ニ硫酸鹽(Sulphate)ニ依リテ石灰ガ溶解サル、カ若クハ奪却セラレ從ツテ膠泥ノ瓦解スルカ或ハ硫酸(Sulphuric acid)ガ石灰ト共ニ鹽基性硫酸石灰(Basic sulphate of lime), 硫酸礬土(Sulphate of alumina)及第一硫酸鐵石灰(Ferro-sulphate of lime)ノ如キ結晶セル化合物ヲ作リ膠泥ヨリ分離シ之ガ結晶ニ必要ナル水ト共ニ容積ヲ增大セシムルガ爲ナリ。此現象ニ鑑ミ海水中ニ使用スペキ「セメント」ニハ普通ノ「セメント」ト比シテ殊更ニ炭酸石灰鹽(Carbonate of lime)ノ乏シキ原料ヨリ燒製セルモノアリ此場合ニハ「セメント」ノ強度ヲ低下セシムルコトハ事實ナリト雖モ海水工事ニアリテハ強度ハ寧ロ第二次ニ置クベキ場合多シ但シ重ナル困難ハ製造ノ方法ニ存スルモノニシテ燒窯内ニ比較的薄弱ナル水硬力ヲ有スル粉灰ノ多量ヲ產出シ從ツテ通風(Draught)ヲ妨グルノ不便アリ此困難ハ豫メ原料中ニ鐵分ヲ含ム材料ヲ混入スルコトニ依リテ幾分カ之ヲ避クルコトヲ得ベシ猶回轉窯ヲ用フルドキハ通風ヲ容易ナラシムルノ利益アリ何レニ

セヨ石灰ノ少量ヲ有スル「セメント」ハ強度ニ於テ弱キモ海水ノ崩解ニ抵抗スル力ノ強キコトハ事實ナリ。

原石中ニ含有スル炭酸石灰ノ量少ナキトキハ低熱ニテ燃焼スルヲ以テ其產出セルセメントハ凝結スルコト早ク或特殊ノ場合ニアラザレバ實際ニ之ヲ使用シ得ル場合甚ダ尠ナシ。

「ポートランドセメント」ノ凝結ニ際シ多量ノ遊離石灰ヲ生ズル結果ヲ中和スル爲メニハ此石灰ト化合シテ不可溶性化合物ヲ生ズベキ他ノ材料ヲ調合スルコト亦海水作用ヲ防止スルノ一法ナリ此目的ニ對スル添和材料ハ所謂火山灰ニシテ火山灰ハ「セメント」ヨリノ遊離石灰ト化合シテ不可溶性ノ硅酸石灰トナリ混凝土ノ空積ヲ填充シテ海水ノ更ニ深ク滲透スルコトヲ防止スルノミナラズ屢々其強度ヲ増加セシムコトアリ普通使用ノ割合ハ重量ニ於テ「セメント」ニト火山灰一トヲ混ズルニアリ。

緻密ナル混凝土ハ有孔混凝土ヨリモ海水ニ對スル作用ヲ防止スルノ效力大ナルヲ以テ海中工事ニ使用スルモノハ尤モ緻密ナル様製作スルコト必要ナリ又細粒ノ砂ノミヲ使用スルハ粗粒ノ砂ヲ用フルヨリモ崩解ヲ容易ナラシムルヲ以テ此種ノ工事ニハ可成粗粒ヲ撰ム良シトス實驗ニ依レバ「セメント」ヲ含ミテノ細粒砂一ト最粗粒砂二トノ割合ニ混ゼル膠泥ハ最モ稠度ニ富ミ其強度又大ナリト云フ「ミハエリス」(Michaelis) 氏ハ其研究ノ結論トシテ海中工事ニハ細粒ノ砂ヲ避ケバク細粒ト粗粒ト更ニ細粗粒混合ノ混擬料トヲ適宜ニ配合シテ可成緻密ナル混擬土ヲ得ルコトニカムベシトシ凝結ノ時間ヲ節制スル爲テ通常加フベキ石膏ハ危険ナルコト並ニ礫土ハ可成其量ノ少キヲ撰ミ多クモ 8% ノ超

過セシメザルベク石灰ハ可成之ヲ少量トシ別ニ火山灰ヲ添和スルハ效力更ニ大ナルベシトセリ

海水ガ有孔質混擬土内ニ直チニ滲透スルヲ防止スル爲メ使用スペキ混擬土塊ノ表面ヲ豊富ナル膠泥粘土土瀝青質材料ヲ以テ包被スルコトアリ此方法ハ其價格ノ不廉ナルノミナラズ如何ナル構造ニモ適用シ得ベシトハ云フコト能ハズ加之ノミナラズ偶然ニ其包被ノ連續狀態破壊セラル、トキハ海水ハ直チニ茲處ヨリ滲入シ得ベキヲ以テニ包被材料ニ依リテ海水作用ニ對スル安全ヲ保證セシメントスルハ決シテ良策ナリト云フコト能ハズ。

第六章 混擬土ニ對スル防水法

第一節 總 説

普通ノ混擬土ハ水ニ對シ絶對ニ不滲透ナリト云フコト能ハズ故ニ貯水池、水管或ハ水面以下ノ工事ニシテ水ノ滲透(Permeability)ナカラシムル爲メニハ相當ノ注意ト方法トヲ講ゼザルベカラズ一般ニ其方法ヲ列記セバ次ノ如シ。

- 1) 「セメント」及混擬料トモ精密ニ其量ヲ測定シ配合之ニ適應スルコト。
- 2) 混擬土ノ表面ニ特殊ノ塗料ヲ施スコト。
- 3) 混擬土ノ原料ノ外更ニ防水的材料ヲ添和スルコト。
- 4) 混擬土ノ内ニ土瀝青若クハ「フェルト」ノ如キ防水層ヲ挿ムコト。

防水ノ作用ヲ完カラシムベキ有效ナル方法ニ關シテハ數多實驗ノ施サレタルモノアルモ一般ニ云ヒ得ベキ事實ハ豊富ナル配合ヲ有スル膠泥及混擬土ハ最少限度ノ滲水性ヲ有スルコト及水ガ絶エズ混擬土内ヲ通過スルトキハ其滲透力ハ遞次減少シ或時日ヲ經過セバ實際ニ於テ全ク不滲透トナルモノ尠ナカラザルコト是レナリ即チ適當ナル注意ヲ以テ適當ナル配合ヲ施シタル混擬土ハ最初僅少ナル滲水ヲ認ムルコトアルモ必ズシモ深ク恐ルニ足ラザルモノト知ルベシ。

第二節 耐水混擬土ノ配合及施工

水ヲシテ不滲透ナラシムベキ混擬土ノ施工ニ關シテハ更ニ施

工論ニ於テ之ヲ說述スペキモ今簡單ニ其要點ヲ摘記スレバ

- 1) 原料ノ同一配合ヲ有スル混擬土ニアリテハ水壓ニ堪ユベキ最良ノ練方ハ中練及軟練ノ中間ニ位スル程度ノモノタルベシ。
 - 2) 混擬土ノ搗固ヲ充分鄭重トシ内部ニ石塊間ノ空隙ヲ存セシメザル様注意スペシ。
 - 3) 若シ實行シ得ベクンバ晝夜ヲ通シテ三組乃至四組ノ交替人夫ヲ使用シ絶エ間ナク其施工ヲ續ケ全工事ヲシテ一體連續的ノモノタラシムベシ。
 - 4) 若シ其工事ヲ晝夜繼續スルコト能ハズシテ繼手ヲ設クルコトヲ避ケ得ザルトキハ既ニ打切リタル舊層ハ清淨ニ之ヲ洗滌シ其面ヲ粗笨ニ搔均シ能ク全層ヲ濕潤セシメタル後純セメント若クハ優性ノ膠泥ニ依リテ其表面ヲ掩ヒ初メテ次層ノ混擬土ヲ施スベシ。
 - 5) 壁ノ長サニ依リテハ適當ナル距離ニ特殊ノ伸縮裝置ヲ有スル繼手ヲ設ルカ若クハ鐵材ノ補強ニ依リテ繼手ヲ設ケズ何レニセヨ混擬土ノ伸縮ニ伴ヒテ起ルベキ裂縫ヲ豫防スルノ方法ヲ講ズベシ。
- 滲水ニ抵抗セシムベキ混擬土原料ノ配合ハ普通 $1:1:2$ 乃至 $1:2:4$ タルベシ去レド精密ニ配合ヲ測定シテ其施工ニ注意シタルモノニアリテハ $1:3:6$ ノ配合ニアリテモ猶滲水ヲ見ザリシモノアリ。 $1:1:2$ 以上ノ優良ナル配合ヲ有スルモノハ收縮ニ依リテ裂隙ヲ生ズルノ恐レアルヲ以テ寧ロ其使用ヲ避クベシ。
- 最大防水的ノ混擬土ハ最大密度若クハ强度ニ對シテ必要ナル場合ヨリモ砂ノ細粒量ハ幾分カ多キ方利益ナルガ如シ細粗粒ヲ

混合セル混泥土ハ其最小粒ノ性質及配合ノ比例同一ナル場合ニハ粗粒ノ混疑料ヨリ成ル混疑土ヨリモ滲水ノ程度薄弱ナリ猶最近ノ實驗ニ從ヘバ砂利ヲ有スル混疑土ハ同一條件ニ於テ碎石ヲ有スルモノニ比シテ寧ロ不滲透性ニ富メルモノアルガ如シ。

膠泥若クハ混疑土ノ有孔性(Porosity)ト其滲透性(Permeability)トハ必ズシモ相一致スルモノニアラズ換言セバ最モ有孔ナル混疑土ハ必ズシモ最モ滲透性ニ富メリト云フコト能ハザルモ可成有孔質トナラザル様注意スペキハ勿論ナリ其有孔ノ度即チ水及空氣ヲ有スル空積ハ「ウイリアムフルーラー」氏(William Fuller)ノ實驗ニ從ヘバ種々ノ配合ヲ有スル最上階級ニ屬スペキ膠泥ニテ平均26%, 混疑土ニテ13%乃至17%ヲ有スルモノナリト云フ其大部分ハ空氣ナリト雖ドモ人工的ニ之ヲ温ムルニアラザレバ常に多少ノ水分ヲモ含有スルモノト知ルベシ。

砂利若クハ碎石ノ寸法 $\frac{1}{2}$ "以上1"以下ノ如キ細粒ト $\frac{1}{2}$ "以上 $2\frac{1}{2}$ "以下ノ如キ粗粒ト其何レカ水ニ對スル不滲透性多キヤト云フニ。學者ノ意見ハ必ズシモ相一致セズ後者ハ理論的ニハ良好ナルベキ理由アルモ事實ハ前者ノ優レルモノ亦渺カラズ是ニ其施工ノ方法如何ニ關スルモノナルベク若シ施工ニ充分ナル注意ヲ拂フトキハ粗粒ノ砂利若クハ碎石ヲ有スルモノ、優レルハ明カナル理由ヲ有スルモノアリ。 $\frac{1}{2}$ "以下ノ細粒ノミヨリ成立スル混疑土ハ有孔度ニ於テモ滲透性ニ於テモ共ニ劣等ナリトス。

第三節 耐水被覆材料

水ノ滲透ヲ防止スル爲メ混疑土ノ表面ニ特殊ノ被覆ヲ施スコトアリ最モ一般ニ行ハル、方法ハ1:1或ハ1: $1\frac{1}{2}$ ノ配合ヲ有ス

ル豊富ナル「セメント」膠泥ヲ以テ混疑土ノ表面ヲ鍛ニテ厚サ $\frac{1}{2}$ "内外ニ塗リ上グルモノニシテ此方法ハ直接ニ日光若クハ空氣ニ曝露セザル所假令ハ地下室ノ壁若クハ貯水池ノ表面以下及底部等ニハ土瀝青其他ノ防濕材料ト同ジク有效ナルモ直接ニ寒暑ノ効キヲ受クル所ニアリテハ表面ニ龜裂ヲ生ジテ其用ニ堪エス但シ此方法ハ混疑土ノ未ダ生乾キノ時是レヲ施スヲ以テ殊ニ有效ナリト認ム。

明礬(Alum)及灰汁(Lye)ト「セメント」トヲ混ジタルモノヲ前法ト同様ニ使用セルモノハ其結果良好ナリト云フ即チ凝集セル灰汁ノ1封度及明礬ノ5封度=20我倫ノ水ヲ加エ豫メ之ヲ殆ント沸騰點マデ煮詰メタルモノトシテ貯藏シ置キ其1「バイント」(約我三合一勺)=「セメント」10封度ノ割合ニ混合シ之ニ適宜ノ水ヲ加エテ刷毛ニテ塗抹スルトキハ其表面ノ毛孔ヲ埋メテ滲透ヲ妨クベシ可成ハ混疑土生乾ノ時其表面ニ塗付クルヲ宜シトスルモ三四日後ニアリテモ差支ナシ但シ古キ混疑土ニハ其效力頗ル薄弱ナリト云フ。

獨國ニ於テ販賣スル「ケッスラー式」フリュアーテ(Kessler's Fluate)ト稱スル塗抹用耐水劑ノ内混疑土ニ適當セル「マグネシウム・フリュアーテ」(Magnesium Fluate)ト稱スルモノアリ結晶弗硅素酸「マグネシウム」(Mg. Si. F₆. 6H₂O)ナル化合物ニ近似ノ成分ヲ有シ容易ニ水ニ溶解シ其水溶液ハ酸性反應ヲ呈ス之ヲ海綿若クハ刷毛ヲ以テ混疑土面ニ塗抹スルカ若クハ唧筒ヲ用キテ撒布スルトキハ螢石様結晶物ヲ以テ混疑土表面ヲ掩ヒ能ク水ノ滲透ヲ防止ス若シ二回以上之ヲ塗ラントスルトキハ12時間乃至20時間ヲ經過シテ充分乾

燥シタル後前法ヲ繰返スベシ。

混凝土構造物ノ完成後其壁ヲシテ耐水的ナラシムル爲メ「シルヴェスター式方法 (Sylvester's process)」ニ從ヘル溶液ヲ以テ混捏セル膠泥ヲ使用スルハ頗ル有效ナルガ如シ即チ柔カキ石鹼ト明礬トヲ夫々適量ニ混ジタル液ヲ混凝土ノ表面ニ塗ルカ或ハ其溶液と共に混合シタル膠泥ヲ以テ上塗ヲ施スニアリ抑モ石鹼ハ「アルカリ」と脂肪トヨリ成立シ明礬ハ「ポッタシウム」(Potassium) ト礬土及硫酸トノ複鹽ナルヲ以テ礬土ト脂肪トハ一種ノ不溶解膜ヲ作リ「アルカリ」及硫酸鹽ハ水ニ溶解シテ茲處ニ殘存シタル不溶解膜ガ耐水的作用ヲ與フルモノナルガ如シ石鹼ト明礬トノ割合ハ必ずシモ或一定量ヲ増減ス可ラズト云フコトナク實施ノ配合ハ夫々一様ナラズ一般ニハ水ノ1我倫ニ石鹼ノ $\frac{3}{4}$ 封度及ビ水ノ4我倫ニ明礬 $\frac{1}{2}$ 封度ノ割合トシ其充分溶解シタルモノヲ清淨ニシテ乾燥セル壁面ニ適用ス空氣ノ溫度華氏五十度以下ノ場合ニハ不適當ナリ初メ石鹼水ハ沸騰セル儘浮泡ヲ生セザル程度ニ壁面ニ塗リ二十四時間ヲ經過シテ其表面乾燥シタル時明礬水ヲ前同様其表面ニ塗付クベシ明礬水ノ溫度ハ華氏六十乃至七十度ニ於ケルモノヲ宜シトス。斯クテ亦二十四時間ヲ經過シタル後第二回ノ上塗ヲ前ノ順序ニ從ヒテ施工シ可成數回其方法ヲ繰返スベシ米國「ペンシルヴァニア」水道會社第二號貯水池ノ洩水ハ此方法ニ依リテ全ク之ヲ防止スルコトヲ得タリト云フ。時トシテハ「シルヴェスター」液ヲ以テ練リタル膠泥ニテ混凝土面ノ上塗ヲ施スモ可ナリ此場合ニハ石鹼ノ2封度ト明礬ノ12封度トヲ30我倫ノ水ト混和セバ克ク膠泥ノ $\frac{1}{8}$ 坪ヲ練合セ得ベシ「マルシャール」氏 (Mar-

shall)」ノ紐育築港ニ施シタル方法ハ膠泥ハ1:2 $\frac{1}{2}$ ノ配合トシ砂ノ1立方呎ニ對シ乾燥セル粉狀明礬 $\frac{3}{4}$ 封度ヲ加エ乾燥ノ儘之ヲ混和シ更ニ水ノ1我倫ニ石鹼ノ $\frac{3}{4}$ 封度ヲ溶解シタル液ヲ適宜ニ加味シタル膠泥ヲ使用シタリ此方法ニ依レバ同一配合ノ普通膠泥ニ比シテ少シク其強度ヲ減少シタルモ完全ニ防水作用ニ堪エ且ツ全然風化物 (Efflorescence) ノ發露ヲ妨クルコトヲ得タリト云フ一千九百二年米國「アボロ」 (Aporo) 水道會社ニ於テ「カミミングハム」氏 (Cunningham) ガ其濾過池ニ施シタル配合ハ水ノ15我倫ト石鹼1 $\frac{1}{4}$ 封度及粉狀明礬3封度トヲ混シ此溶液ニ依リテ1:2ノ膠泥ヲ練合セ壁ノ充分乾燥シタル後厚 $\frac{1}{8}$ "ニ塗上ゲ完全ニ其洩水ヲ防止スルコトヲ得タリ。

米國費府「アクアバール」會社ニ於テ販賣セル「アクアバール」 (Aqua-bar) ト稱スル防水劑ハ一種ノ液體ニシテ之ヲ24倍乃至48倍ノ水ニテ薄メ膠泥若クハ混凝土ヲ練ルトキハ「セメント」ト一種ノ化合物爲シ全ク其空積ヲ填充スベシトセリ但シ水槽等ノ場合ニアリテハ水壓ヲ受ケシムル前少クトモ三週間ヲ經過セシメザルベカラズ又使用水ハ軟水ヲ宜シトセリ。

米國「サンダスキーポートランドセメント」會社 (Sandusky Portland cement Co.) ニテ販賣セル「メヂュサ」式耐水劑 (Medusa water proof compound) 俗稱白「セメント」 (White cement) ト稱スルモノアリ脂肪質ト石灰及苦土 (MgO) トノ化合物ニシテ脂肪酸鹽ヲ形成セルモノ、如ク其化合物ヲ「セメント」重量ノ1乃至2% 即チ「セメント」一樽ニ對シ其4乃至8封度丈ケ加フルトキハ1:5 (5ハ混擬料) ノ混擬土ニアリテハ1:2ノ膠泥ヨリモ優リテ充分ニ防水ノ效力ヲ有スベシト

云フ但シ砂ト水ヲ加フル前豫メ「セメント」ニ混入スペキモノトス同會社ノ證明ニ依レバ其2% ラ「セメント」ニ加ヘ 1:4.8 ノ配合ニテ 8×9×16" ノ混擬土塊ヲ作リ九ヶ月間空中ニ曝露シ更ニ之ヲ室内ニ乾燥シテ後之ヲ水中ニ投入シ其吸水量ヲ試験シタルニ普通ノ混擬土ハ一時間後ニ 4.38% ノ水ヲ吸收シタルモ白「セメント」ヲ加エタルモノハ 0.09% ニシテ四時間後ニハ前者 14.99% ニ對シ後者 0.14%, 二十四時間後ニハ前者ノ 5.16% ニ對シ後者ハ僅カニ 0.31% ニ過ギザリシト云フ.

現今本邦ニ於テ防水剤ヲ製造シ若クハ外國製ノ代理販賣ヲ爲ス者尠ナカラズ今其二三ヲ列記スレバ.

大阪市鎌村商會ニテ販賣セル「エキセレント」(Excellent) ト稱スルモノアリ白色糊状態ニシテ之ヲ10倍乃至15倍ノ水ニ混ジ是ニテ膠泥ヲ練リ水壓ノ程度ニ從ヒ2分乃至5分ノ厚サニ塗上クベシトセリ.

大阪市浪速商會ニテ販賣セル獨逸製「セレシット」(Ceresit) ト稱スルモノアリ其用法ハ「セレシット」1ニ水1ヲ加ヘ搔交セタル後尙11倍以下ノ水ヲ加エテ能ク混合シ以テ膠泥ヲ練ルベシ普通ハ每100平方呎ニ付塗上 $\frac{1}{2}$ " ナレバ6封度, 1" ナレバ10封度トス水壓甚シキ個所ハ $\frac{3}{4}$ " ヨリ1" ノ厚サニ塗ルヲ宜シトス混擬土ニ使用スルニハ其配合 1:2:4 若クハ 1:2 $\frac{1}{2}$:5 トシ「セレシット」1ヲ少量ノ水ニ能ク溶解セシメタル後其受クベキ水壓ニ從ヒ15乃至20倍ノ水ニ緩和スペシ1立方「ヤード」ノ混擬土ニ對シ「セレシット」ノ量12乃至14封度ヲ要ス獨國「グロースリヒターフェルデ」(Gross Lichtenfelde) 工業試驗所ニテ實驗セル報告ニ依ルニ厚サ 4cm の「セメント」膠泥版ニ「セレ

シット」膠泥ヲ厚サ 0.3cm ニ上塗シ參日間 120 呪ノ水壓力ニテ試験セシニ何等濕氣ノ浸透セシ形迹ヲ認メザリシト云フ.

大阪市大阪塗料會社ニテ販賣セル米國製「トラスコン」式防水劑(Trus-Con water proofing paste) ト稱スルモノハ一種ノ糊狀劑ニシテ其一容積ニ同量ノ水ヲ加エテ充分ニ攪拌シタル後更ニ17倍乃至35倍ノ水ニ緩和シタルモノヲ以テ膠泥ヲ練ルベシトセリ.

神戸市吉澤商店ニテ販賣セル英國製「パドロー」(Pudlo) ト稱スルモノアリ微細ナル白色粉末劑ニシテ之ヲ混擬土面ニ施ス場合ニハ假令バ3分乃至6分厚ノ化粧塗「セメント」ニ對シ「パドロー」4乃至2%, 面一坪ニ對シ2乃至1% ノ乾狀ノ儘混合シ如露ヲ以テ徐徐ニ水ヲ注ギ混捏スペシー時ニ劇シク注水スルトキハ「パドロー」ノ重量輕キヲ以テ外ニ浮ビ出ヅルノ恐レアリ.

大阪市内外建築材料合資會社ニテ販賣セル「タンタルス」(Tantalus) ト稱スルモノアリ大連ソーライト製造會社ノ製品ニ係リ脂肪酸アルミニウムヲ主成分トセル乳劑ニシテ其1封度ニ對シ10乃至15倍ノ水ヲ加エテ溶液ヲ作リ以テ膠泥ヲ練ルベシ其賣價他ノ防水剤ニ比シ頗ル廉ナリト云フ.

神戸市日本「セメント」防水劑製造所ノ製品ニ係ル「ウォータイト」(Wotaito) ト稱スルモノハ微細ナル白色粉末ニシテ主成分ハ土質「オレイン」酸鹽 (Earthy Oleate) ノ存在ニアリ 1:3 ノ膠泥ニ對シ「セメント」重量ノ 5% ノ混合使用スルモノトス.

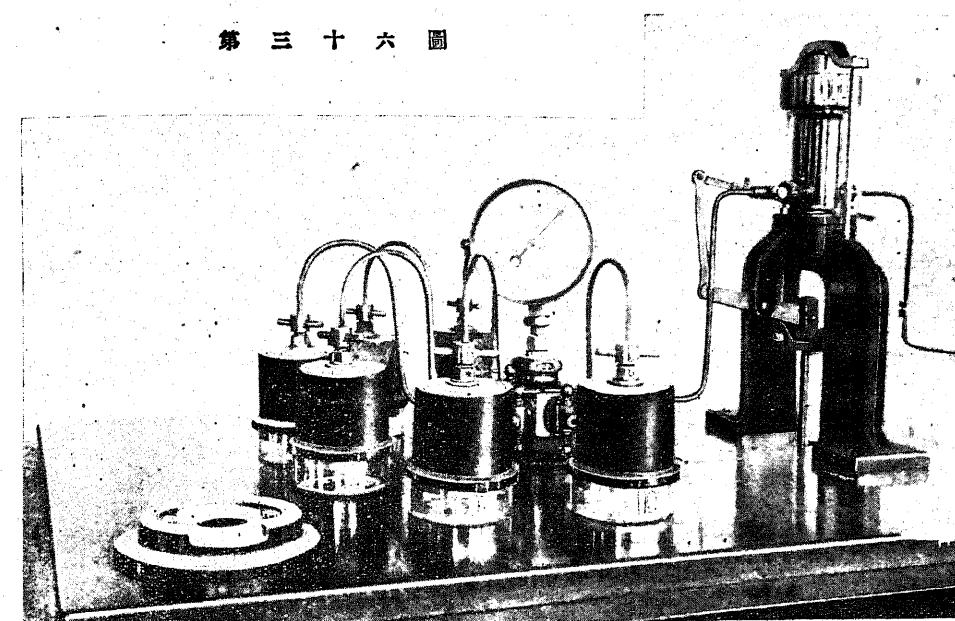
東京市日本鋪塗料會社ニテ製造スル「エキスクレーム」(Exclaim) ト稱スルモノアリ淡黃色ノ糊料ニシテ之ヲ10倍ノ水ニ溶解シ 1:1 ノ膠泥ニ對シ其溶液約 $\frac{1}{2}$ ヲ用フベシトセリ.

東京市砂崎合名會社ニテ製造スル「ソーザー」(Sōzō) ト稱スルモノハ硅藻土ヲ精製シタル白色微細ノ粉末ニシテ 1:2 ノ膠泥ニ對シ「セメント」ノ約 $\frac{1}{5}$ ノ分量ヲ混和シ如露ニテ清水ヲ注和シツ、充分攪拌シテ固練トナシ之ヲ使用ス。

要スルニ何レモ脂肪質若クバ蠟質ニ石灰ヲ混ジタルモノノ如ク其 1 乃至 2% ヲ「セメント」ト混ジテ使用スルモノ多キガ如シ。近來獨國「ステッテン」市 (Stettin)、ニ於ケル「シュテルンセメント」會社 (Stern Cement Co.) ニテ一種ノ防水「セメント」ヲ發明製造セリト云フ其方法ハ素ヨリ秘密ナルヲ以テ其成分ヲ知ルコト能ハザルモ「セメント」中ニ或物料ヲ加エタルモノニシテ其成績ヲ見ルニ强度ヲ減ゼズシテ防水ノ效力大ナルノミナラズ霜害、溫熱、海水及稀薄酸類ニ對シテ何レモ充分ノ抵抗力ヲ有スト云フ果シテ事實ナラバ「セメント」構造物ニ必須ナル問題ヲ解決シ得タルニ近キモノト云ハザル可ラズ。

以上記述セル防水剤ヲ使用スルニ際シテハ是等ノ化合物ガ其防水ノ效力果シテ永久的ナルヤ否ヤ換言セバ數ヶ月間空氣中ニ曝露スルトキ其防水效力ヲ失フコトナキヤ又其會社ノ證明スル程度ニ完全ニ防水的ナルヤ等相當ノ試験ト判断トニ由ルニアラザレバ輕々ニ其適否ヲ判スペキモノニアラズ其試験ノ方法種々アルベシト雖モ單簡ニハ或供試體ヲ作リ其上面ニ防水剤ヲ加ヘタル膠泥ヲ塗リ其中央ニ玻璃管ヲ立テ純セメント膠泥ニテ供試體ト玻璃管トヲ水密的ニ接合シ玻璃管ノ上部ハ之ヲ護謨管ニ繫ギ所要ノ水頭ヲ有スル水槽ニ連續セシメ一日、一週四週、三ヶ月等所要材齡ニ對シ其滲透シ來ル水量ヲ測定スルニアリ。第三十六

第三十六圖



圖ニ示セルモノハ京都帝國大學工科大學據付ノ滲透試驗機ニシテ其原則前述ニ同シク十氣壓迄ノ壓力ヲ加エテ同時ニ六箇ノ試驗片ヲ比較シ得ベキモノナリ。

第四節 「セメント」及其混疑料以外ノ耐水材料

膠泥若クバ混疑土内ニ他ノ材料ヲ加エテ混疑土ノ貧弱ナル配合ヲ調和シ其空積ヲ遞減セシムルトキハ亦防水ノ作用ニ堪エ得ルモノ尠カラズ但シ注意スペキハ如斯外來ノ材料ガ「セメント」ニ比シテ高價ナルトキハ經濟上ニ於テ更ニ利益スル所ナキヲ以テ其應用ハ價格ト效力ト相伴フ程度内ニ於ケルモノナラザル可ラズ今其二三ヲ摘記スレバ

- 1) 少量ノ石灰ヲ加フルコト。其加フベキ量ハ砂粒ノ細度配合ノ比等ニ依リテ一定セズ千九百八年「タムソン」氏 (Thompson) ノ施シ

タル實驗ニ依レバ水槽ノ如キ構造物ニアリテハ混疑土内ニ少量ノ水化石灰ヲ加フルトキハ防水ノ效力ヲ有シ質量的混疑土ニアリテハ水化石灰ノ混和ニ依リテ比較的貧弱ノ配合ヲ償フコトヲ得ベシ其加フベキ量ハ混疑土ノ配合及材料ノ性質ニ依リテ一様ナラズト雖モ實際ニ於テ許容スペキ分量ハ「セメント」ノ重量ニ對スル5乃至15%ナルベシトセリ。猶氏ガ實驗ノ結果トシテ得タル事實ハ水化石灰ノ糊狀態ハ「ポートランドセメント」ノ同重量ヨリ作リタル糊狀態ニ比シテ其容積二倍半ニ上ルヲ以テ石灰ヲ用フルトキハ空積ヲ填充スルニ有效ナリ混疑土ノ強度ハ水化石灰ノ混合ニ依リテ少シク減退スペキモ防水ノ度ニ比シテ強度ノ減ズル割合少ナク且ツ防水的ノ箇所ニハ一般ニ混疑土ノ強度ヲ要スルコト稀ナルヲ以テ實際ニ不都合ヲ見ル場合少ナシトセリ。

2) 少量ノ火山灰ヲ加フルコト。海水作用ニ抵抗セシムル爲メ火山灰ヲ加フルノ效力アルコトハ既ニ第五章第三節ニ於テ之ヲ論ジタリ長崎築港ニ於ケル混疑土塊ニ使用シタルモノハ石灰0.25, 火山灰1.0, 「ポートラントセメント」1, 砂4, 砂利8ノ配合ニシテ其結果頗ル良好ナリシト云フ。

3) 純粹ノ粘土ヲ加フルコト。植物質ヲ有セザル純粹ノ粘土ヲ細粉トシ之ヲ混疑土ニ加フルトキハ著シク其防水性ヲ増加ス殊ニ貧弱ナル配合ヲ有スルモノニアリテ其効力割合ニ著大ナリ其分量ハ混疑料ノ性質ニ依リテ一定セザルモ砂ノ重量ニ對シ約5%ノ粘土ヲ用キテ充分ニ有效ナルベシト云フ。

第五節 防水層ノ添和

混疑土ノ表裏何レカニ別ニ防水層ヲ添和シテ水ノ滲透ヲ防止

スル方法アリ今其重モナルモノヲ舉グレバ

1) 土瀝青層ヲ添和スルコト。水氣及濕氣ヲ防グ爲メ「アスファルト」(Asphalt)ヲ混疑土壁ノ表裏何レカニ塗ルカ若クバ壁ノ伸縮繼手ニ使用セバ頗ル有效ナリ「アスファルト」ハ混疑土ノ硬化後少クトモ二週間後ニ於テ能ク乾燥シタル後ニ之ヲ施スコト必要ナリ此場合ニハ混疑土面ハ能ク之ヲ洗滌シ清淨トナスベシ「アスファルト」ハ混疑土面ニ附着スル力弱キヲ以テ堅壁ヲ塗ル場合ニハ更ラニ其表面ニ煉瓦若クハ混疑土ノ一層ヲ加エテ「アスファルト」ヲ保護スペシ水壓ヲ受クル底面ニアリテモ同ジク「アスファルト」ノ表面ヲ普通混疑土若クバ煉瓦ニテ抑ユルヲ常トス近來米國桑港ニテ實驗セル方法ハ最初混疑土ノ表面ヲ剛線ノ刷毛ニテ充分清淨ニ之ヲ摩拭シ茲處ニ沸騰セシタル「コールター」ノ薄層ヲ被覆セシメタル後「アスファルト」ヲ普通ノ方法ニテ敷キ擴グルモノニシテ其結果頗ル良好ナリト云フ。

2) 潤紙若クバ「フェルト」ヲ用フルコト。「アスファルト」、「ビチュメン」(Bitumen)或バ「タール」(Tar)ニテ濕潤セル紙又ハ「フェルト」層ヲ添和シテ混疑土床屋根地下壁及隧道等ノ防水作用ニ堪エシムルモノアリ其種類甚ダ多ク「コールターピッチ」(Coaltar pitch)中ニ潤セル普通ノ「タール」紙(Tar paper)ヨリ「アスファルト」ヲ以テ潤セル「アスファルトフェルト」(Asphalticfelt)ニ至ル「コールタール」ヲ使用シタルモノハ長ク濕氣ヲ受クルトキハ損敗ノ恐レアリテ永久的ナラズ「アスファルトフェルト」ハ瓦斯ニ接觸スル處ニハ同ジク破傷スルノ恐レアルヲ以テ注意スベシ。

施工ノ方法ハ初メ混疑土若クバ他ノ材料ヲ以テ下層ヲ作リ熱

シタル「アスファルト」ヲ以テ其面ヲ酒掃シ茲處ニ「フェルト」若クハ「ペーパー」ヲ擴グ其重合セハ4"乃至6"トシ第一層ヲ敷キタル後再び全面ヲ熱シタル「アスファルト」ニテ塗リ更ニ第二層ヲ敷キスケノ如ク數層ヲ重ネテ所要ノ厚サニ達セシム一般ニハ二層乃至六層トススケテ其上部ニ更ラニ仕上混擬土ヲ施スペシ。

第六節 滲透ノ程度

膠泥及混擬土ノ水ニ對スル滲透ノ程度ハ略ボ次ノ結論ニ歸スベシ。1) 混擬土中ノ水ノ滲透「セメント」ノ增加ニ伴ヒ減少シ其割合ハ著シク大ナル反比例ヲ爲ス 2) 滲透ノ量ハ砂利若クバ碎石ノ最大寸法大ナル程少ナシ則チ最大粒徑 $2\frac{1}{4}$ "ヲ有スル混擬土ハ一般ニ最大粒徑1"ヲ有スルモノヨリモ少ナク後者ハ更ラニ最大粒徑 $1\frac{1}{2}$ "ヲ有スルモノヨリモ滲透力少ナシ 3) 滲透ノ度ハ時日ノ經過ト共ニ著シク減退ス 4) 滲透ノ度ハ壓力ノ增加ト正比例ヲナシテ增加ス 5) 滲透ノ度ハ混擬土ノ厚サノ減少ト共ニ増加シ然カモ其差著シク大ナル反比例ヲ爲ス 6) 「セメント」砂及砂利ヨリ作レル混擬土ハ「セメント」碎石及其石粉ヨリ成ルモノニ比シテ滲透ノ度少ナシ即チ同一滲透ニ對シテハ石ノ圓粒ヲ有スル混擬土ハ所要「セメント」ノ量少ナシ 7) 大小粒混合ノ碎石「セメント」及砂ヨリ成ル混擬土ハ砂利「セメント」及砂ヨリ成ルモノニ比シテ滲透ノ度大ナリ但シ碎石其石粉及「セメント」ヨリ成ルモノニ比シテ其度小ナリ 8) 「セメント」ノ同量ヲ有シ砂ノ大小粒ノ割合ヲ異ニセル膠泥ハ其砂ノ大粒ト小粒及「セメント」トノ割合同一ナルモノニ至リテ最モ不滲透ナリ 9) 重量ニ於テ同一ナル割合ニ混合セル膠泥ヲ通ジ海水ノ滲透ニ依リテ起ル崩解ハ其砂ガ細粒ヲ有ス

ルコト多キモノ程增加スペシ 10) 中練若クバ軟練ノモノハ固練ノモノニ比シテ耐水力強シ 11) 型内ニ搾固メラレタル混擬土塊ノ上面ハ其底面ヨリモ耐水力強シ是レ搾固ニ依リテ比重ヲ異ニセル材料ノ細粉ハ其割合多ク上面ニ昇騰スペケレバナリ。

以上ノ事實ハ千九百七年米國工學會誌ニ寄稿シタル「フーラー」氏及「タムソン」氏(Fuller and Thompson)ノ實驗ニ依リテモ之ヲ證明スルコトヲ得ベシ今其大要ヲ摘記スレバ試驗片ノ厚サ18", 水ノ接觸面36平方吋石粒ノ最大粒徑 $2\frac{1}{4}$ "ノモノニ就キテ試驗シタル成績第二十五表ノ如シ。

第二十五表

混擬土 ノ配合比	全材料ニ 對スル水 ノ百分率	材 料		水壓ヲ加エ タル後初メ テ底部ニ水 ノ滲出スル 迄ノ時數	異リタル水壓ニ對シ一分間ニ 水ノ滲出スル度「グラム」)			
		石	砂		20#/□	40#/□	60#/□	80#/□
1:11,5	8,0	碎石	石粉	7	25	161	237	273
1:9	10,0	"	"	3	11	24	37	49
1:7	12,5	"	"	3	15	22	30	38
1:5,8	15,0	"	"	5,5	5	8	10	12
1:8,8	10,2	"	砂	9	4	11	17	22
1:6,9	12,7	"	"	10	2	2	3	3
1:5,5	15,6	"	"	—	0	0	0,7	1,4
1:10,8	8,5	砂利	"	3	15	25	38	43
1:8,4	10,6	"	"	17	1	3	5	6
1:6,5	13,0	"	"	100	0	0	0	0,5
1:5,3	15,9	"	"	98	0	0	0	1,4

上表ノ結果ニ據レバ 1) 4) 及 6) ノ事實明瞭ナルベシ更ニ同ジク

二氏ノ實驗ノ結果 2)ノ事實ヲ證明セルモノ第二十六表ノ如シ
但シ前ト同一方法ノ試驗片ヲ採用シタリ。

第二十六表

混凝土ニ於ケル粒ノ細粗ト水ノ滲透トノ割合							
重量ニ於ケル 混疑土ノ 配 合 比	全材料ニ 對ス 「セメント」ノ百 分率	石粒ノ最 大寸法	水ノ滲出 迄ノ時間	異リタル水壓ニ對シ一分間ニ 水ノ滲出シタル量(「グラム」)			
				20#/□"	40#/□"	60#/□"	80#/□"
1:2.9:5.7	10.2	2 ¹ / ₄	7	1	4	8	12
1:2.9:5.7	10.2	1	26	0	5	10	15
1:2.9:5.7	10.2	1 ¹ / ₂	29	0	10	17	20

「フェレー」氏 (Feret) の實驗ニ依レバ最大不滲透ニ對シテハ最大強度ニ對スルモノヨリモ多ク細粒ヲ有スル砂ヲ混合スルヲ要ストシ「タムソン」氏 (Thompson) の實驗ニテハ容積 1:3:6 の混疑土(重量 1:2.8:5.7)ニ就キテ 32 日後ニ於ケル實驗ノ結果第二十七表ノ如ク「フェレー」氏ノ結論ト能ク一致スルヲ見ル。

第二十七表

混疑土ニ於ケル砂粒ノ粗細ト水ノ滲透トノ割合		
砂ノ性質	密 度	一分間ニ通過スル水量(「グラム」)
總 テ 粗 砂	0.853	145.1
粗 砂 ⁵ / ₆ 、細 砂 ¹ / ₆	0.846	10.4
粗 砂 ² / ₃ 、細 砂 ¹ / ₃	0.843	43.0
總 テ 細 砂	0.813	30.2

第七章 膠泥及混疑土ノ膨脹收縮 及其耐火力

第一節 硬化期ニ於ケル容積ノ變化

「セメント」ノ混合物ハ空氣中ニテ硬化スルトキハ較々收縮シ水中ニテ硬化スルトキハ極メテ少量ノ膨脹ヲ爲スペシ從來其伸縮ニ關スル實驗ノ施サレタルモノ尠ナカラザルモ何レモ其供試體ノ小ナル爲メ結果一様ナラズ其混合ノ性質ニ依リテ變化スペキ影響等未ダ充分ニ之ヲ知ルコトヲ得ザルモ其問題ハ長壁ニ於テ伸縮接合 (Expansion joint) ヲ準備スルノ必要及鐵材ト混疑土トヲ併有スル場合ニ其容積ノ變化ガ混疑土若クハ鐵材内ニ初應力 (Initial stress) ヲ生ズル影響等ニ聯關シテ頗ル攻究ノ價值アルモノナリ。

一般ニ一致セル結論ハ 1) 空氣中ニ於ケル膠泥及混疑土ノ收縮率ハ水中ニ於テ硬化スル同形態ノ膨脹率ヨリモ著シク大ナルコト 2) 容積ニ於ケル變化ノ量ハ混合ニ使用セル「セメント」ノ比ト共ニ増加スルコト 3) 容積ノ變化ハ約一ヶ年連續スペク然カモ變化ノ約半部ハ最初ノ一週間に起リ三ヶ月乃至六ヶ月後ニハ其變化甚ダ遲緩ナルコト是ナリ。「シューマン」氏 (Dr. Schumann) の實驗ハ能ク第三ノ事實ヲ說明スルヲ以テ其結果ヲ示セバ第二十八表ノ如シ。

「バウシンガー」教授 (Prof. Bauschinger), 「スウェーン」教授 (Prof. Swain), 「グラント」氏 (Grant), 及「コンシデール」氏 (Considère) 等ノ實驗ニ依リテ得タル結果ヲ參照シ三ヶ月後ニ於ケル膠泥ノ直線寸法ニ於ケル

第二十八表

膠泥及混疑土長サノ變化(水中)		
週間	純「セメント」	1:3 膩泥
1	0,048%	0,015%
4	0,082"	0,021"
13	0,104"	0,024"
26	0,125"	0,028"
39	0,139"	0,030"
52	0,146"	0,033"

變化ハ凡ツ第二十九表ノ如シ然レドモ「セメント」ノ性質及膠泥ノ練方ニ依リテ其結果ニ多少ノ相違アルベキハ勿論ナリトス。

第二十九表

膠泥ノ伸縮量			
配合比	空氣中ニ硬化セ ル膠泥ノ收縮	水中ニ硬化セ ル膠泥ノ膨脹	
「セメント」砂	直線ノ寸法ニ於ケル割合		
1 0	$\frac{1}{300} - \frac{1}{800}$	$\frac{1}{500} - \frac{1}{2000}$	
1 1	$\frac{1}{600} - \frac{1}{1200}$	$\frac{1}{1200} - \frac{1}{3000}$	
1 3	$\frac{1}{700} - \frac{1}{1200}$	$\frac{1}{3000} - \frac{1}{5000}$	

「コンシデール」氏ハ 100 呎ノ壁ニ對シテハ $\frac{1}{2}$ " ノ伸縮ヲ見込ムベシトセリ。

第二節 「セメント」及混疑土ノ伸縮率。

配合比ヲ異ニセル「セメント」膠泥ノ溫度ニ對スル伸縮率ニ關シテハ未ダ明確ナル實驗ノ結果ヲ得ルコト能ハズ「ボニソ一」氏 (Bo-

niceau) ハ純「ポートランドセメント」ノ伸縮率ハ華氏一度ニツキ約 0,000006 ニシテ混疑土ニアリテハ其混疑料ノ性質ニ依リテ變ズベキモ約 0,000008 ナリトシ「ペンス」教授 (Prof. Pence) ハ 1:2:4 ノ碎石混疑土及砂利混疑土ノ二種ニ就キテ極メテ綿密ナル方法ニ依リ數回試験ノ結果其平均伸縮率ハ 0,0000054 乃至 0,0000057 ナリトシ更ニ細別セバ砂利混疑土ノ平均值ハ 0,0000054, 碎石混疑土ハ平均 0,0000055 ニシテ全體ノ總平均ハ 0,0000055 ナリトセリ「ハロック」教授 (Prof. Hallock) ノ實驗ニ依レバ 1:2 ノ膠泥ニ對シテハ 0,00000561, 1:3:5 ノ混疑土ニ對シテハ 0,00000655 ナリシト云フ。 (0,0000055 ノ伸縮率ハ溫度ニ於テ華氏五十度ノ昇降ニ對シ長サ 100 呎ノ混疑土ニ於ケル $\frac{1}{2}$ " ノ伸縮ニ該當ス)。更ニ「クラーク」氏 (Clark) ハ其實驗ノ結果混疑土ノ伸縮率ハ 0,00000795 ナリトセリ今「ボニソ一」氏ノ分ヲ除キ他三者ノ平均ヲ採レバ其值ハ 0,00000648 トナルベシ。

鍊鐵及軟鋼ノ伸縮率ハ「ケント」氏 (Kent) ニ從ヘバ華氏一度ニ付キ 0,00000648 乃至 0,00000686 ナリトシ北米合衆國政府ノ報告ニ從ヘバ 0,00000617 乃至 0,00000676 ノ間ニアリト云フ今此等ノ平均值ヲ取レバ 0,00000654 トナリ即チ混疑土ノ平均伸縮率ニ比シテ 0,6% 大ナリ。

斯クノ如ク混疑土及鋼材ノ伸縮率ハ略ボ同様ナルヲ以テ此二材ヲ混用セル構造物ガ溫度ノ變化ニ伴ヒテ殆ンド同一ノ步調ヲ以テ伸縮スペキ重要ナル事項ヲ證認スルコトヲ得ベシ。

第三節 混疑土ノ耐火性。

耐火材料トシテノ混疑土ノ價値ハ熱ノ傳導極メテ低キコトニ歸スルモノニシテ或時間強烈ナル火焰ニ包マレタル混疑土ノ表面ハ射水管ヨリノ強キ放水ニ依リテ其一部ヲ剝落セシムルモ其

熱度ノ滲透スペキ深サハ甚ダ大ナラズ鋼材ハ華氏 600° ニ於テ殆ンド其强度ノ一割ヲ失ヒ 750° ニ至リテ其五割ヲ減ズト云フ故ニ建物ノ鋼材ヲ保護スルニ混凝土ヲ以テ包圍スルコトハ火災ニ際シ其强度ノ減損ヲ防グノ點ニ於テ最も重要ノ方法タルコトヲ知リ得ベシ。

抑モ耐火的(Fire proof)ナル詞ハ比較的ニ云ヒ得ベキモノニシテ無限ノ高熱ニ對シテ絶對的ニ耐火的ナル建築材料トテハ恐ラク殆ンド現在スルモノナカルベシ故ニ耐火的材料ノ意味ハ普通火災ノ場合ニ於ケル火焰若クハ高熱ニ抵抗シテ構造物ノ大體ガ破壊スルコトナク適當ナル修繕ヲ加フルノ後ハ再び其使用ニ堪ユル程度ヲ指スモノト解釋セザル可ラズ而シテ普通火災ノ場合ニ起ルベキ熱度ハ華氏 1600° 乃至 2000° トセリ紐育市ノ建築條例ニ從ヘバ耐火的構造物トハ平均華氏 1700° ノ熱ヲ受クルコト四時間ニシテ之ニ $1\frac{1}{8}^{\circ}$ ノ射水管ヨリ60封度ノ壓力ヲ有スル水流ヲ放射スルモ破壊ヲ來ザル程度ノモノナラザル可ラズトセリ從來經驗シタル火災ニ際シ鐵筋混凝土ガ與ヘタル抵抗ハ殆ンド此條件ヲ満足セシムルヲ以テ之ヲ以テ耐火的材料ナリト稱スルモ敢テ不當ニハアラザルベシ。

抑モ「ポートランドセメント」ハ其硬化ニ際シテハ重量ノ約10乃至20%ノ水ヲ吸收スペシ此水ハ化學的ニ化合シテ少クトモ華氏 500° ノ熱度ニ達セザレバ之ヲ放散セズ猶約 1000° ニ至ラザレハ脱水(Dehydration)ノ域ニ達セズ 1000° ニ達スレバ水ハ蒸發シテ其周圍ノ材料ヲシテ比較的低溫ニ之ヲ保持スペク一度脱水作用ヲ始ムルヤ混凝土ハ熱ノ不導體ト變ジ著シク之ニ近接セル内部混凝土

ノ脱水作用ヲ遲緩ナラシムベシ混凝土自身モ亦殆ンド熱ノ不導體ト云フベク其厚サ $1^{\prime \prime}$ ヲ犯シテ熱ノ侵入スルニハ可ナリニ長キ時間ヲ要スペシ實驗ニ依レバ石材混凝土ノ厚サ $\frac{3}{4}^{\prime \prime}$ 乃至 $1^{\prime \prime}$ ナルトキハ床版ニ於ケル鐵筋ヲ保護スルニ充分ナリ而シテ爐滓(Cinder)混凝土ニアリテハ $\frac{1}{2}^{\prime \prime}$ 乃至 $\frac{3}{4}^{\prime \prime}$ ニテ足ルベク桁若クハ柱ニアリテハ石材混凝土ナラバ $1\frac{1}{2}^{\prime \prime}$ 乃至 $2^{\prime \prime}$ 、爐滓混凝土ナラバ $1^{\prime \prime}$ 乃至 $1\frac{1}{2}^{\prime \prime}$ ニテ充分ナリトセリ一般ニ碎石若クハ砂利混凝土ヨリモ爐滓混凝土ハ耐火性ニ富メルヲ見ル是レ空氣ハ熱ニ對スル貧弱ナル導體ナルヲ以テ混凝土ノ有孔質ナル程火災ニ對シテハ適當ナル保護材料タルベク爐滓混凝土ハ此性質ノ外輕量ナルヲ以テ耐火的構造ニハ使用セラル、コト多シ但シ耐火的材料トシテ使用シ得ル爐滓中ニハ絶對的ニ未燃燒ノ或石炭ヲ含有セザルコト必要ナリ猶其有孔質ナル爲メ自由ニ空氣ノ滲透スルコトアレバ鐵筋ヲ犯スノ恐レアルヲ以テ其表面ハ凡テ充分ナル膠泥ヲ塗リテ之ヲ保護セザルベカラズ。

煉瓦ノ碎屑ヲ混疑料トシテ使用スルトキハ又一種ノ耐火性混疑土ヲ得ベシ煉瓦自身ハ耐火的ニシテ有孔且輕量ナルノミナラズ其膠泥トノ粘著力亦强大ナレバナリ。

砂岩殊ニ硅酸質ノ膠料ニ富メルモノハ亦耐火的混疑土トシテ使用スルニ適ス石灰石ハ低熱ニ於テ既ニ破碎スルノ恐レアルヲ以テ寧ロ不適當ナリ花崗石ノ大塊ハ相當ノ熱度ニ於テ破碎シ飛散スルハ事實ナルモ混疑土中ニ於ケル混疑料トシテノ花崗石碎石ガ果シテ同様ノ影響ヲ受クルヤ否ヤハ疑ヲ存スルノ餘地アリ小砂利モ亦同様ニシテ「バルチモーア」市ノ火災ニ於テ其殘墟ヲ檢

シタルモノニアリテハ必ズシモ此等材料ノ不適當ノモノニアラザルコトヲ知レリ即チ一般ニハ耐火的材料トシテ花崗碎石ヲ混凝土中ニ使用スルモ差支ナキモノナリト説ク者多シ。

要スルニ耐火的混凝土ヲ採用スルノ必要アル場合ニハ其使用セントスル材料ノ適否ハ實驗ニ依リテ之ヲ検定スルノ勝レルニ如カズ但シ其検定ハ必ラズ其混凝土ニ依リテ之ヲ爲スペク膠泥ヲ混ゼザル混凝料ノミヲ取リテ其適否ヲ判定スルハ寧ロ酷ナリト云フベシ。

第四節 耐火ノ實例及實驗。

千九百二年米國ベヨーンヌ市(Bayonne)ニ於ケル太平洋岸硼砂會社ノ鐵筋混凝土工場ハ猛烈ナル火災ニ罹リタリシガ此建物ハ四層造ニシテ屋根ヲ除クノ外全部鐵筋混凝土ニテ作ラレタリ。床ハ厚サ4"ニシテ $4\frac{1}{2}$ "×24"ノ桁3'毎ニ配置セラレ柱ハ方形ニシテ四條ノ扭鐵ヲ骨子トシ壁ハ厚サ16"ニシテ中央9"ノ空隙ヲ存セリ混凝土ハ脈岩ノ碎石及石粉ヲ用キ1"ノ篩孔ヲ通過セシメタルモノトシ一切砂ヲ使用セズ其配合比ハ1:5及 $1:6\frac{1}{2}$ ナリシ建物ノ器具一切燒燼シ盡シタルモ壁及床ハ完全ニ殘存シタリ只一ヶ處ニ18噸ノ水槽屋根ヨリ墜落シタル爲メ床及桁ノ一部ヲ損シタルモノアリシニ過ギズ其當時ニ於ケル熱度ハ真鍮及鑄物ノ全部ヲ熔融セシタルヲ見レバ少クトモ華氏2000°ニ達シタルモノト憶測スルコトヲ得ベシ鐵柱及鐵桁ノ總テハ一部熔解シ一部屈撓シテ纏綿タル狀態一モ其用ヲ爲スモノナカリシト云フ。

千九百四年米國バルチモア市(Baltimore)ニ於ケル大火ハ二十七時間ノ長キニ連續シ二千五百ハ大廈高樓ヲ鳥有ニ歸セシタル

リシガ鐵筋混凝土ニテ作レル建物ノ一ツニ關ジスウェル氏 Cap. Sewell)ノ報告ハ鐵筋混凝土ノ優逸ナル耐火材料タルコトヲ證明セリ其當時ニ於ケル熱度ハ恐ラクハ最高ニ達シタリシナランニ屋根ノ拱及上階ノ天井ハ何レモ其拱頂ニ於テ少許ノ裂縫ヲ見タリシニ止マリ瓊細ノ修繕ヲ加エテ之ヲ復舊セシムルコトヲ得ベク柱及桁ノ曝露セル隅端ハ半徑3"許リノ缺損ヲ見タリシノミ上階ニアリテハ其熱度殊ニ高カリシガ混凝土ハ僅カニ $\frac{1}{4}$ "乃至 $\frac{3}{4}$ "ノ侵蝕ニ止リタリ廣キ平面ハ凡テ其害 $\frac{1}{4}$ "以上ニ及バ下層ニアリテハ器具ノ總テ燃燼シタルニ拘ラズ混凝土ハ絕對的ニ何等ノ影響ヲ受ケザリキ要スルニ混凝土全部ノ修繕ハ原價ノ二割乃至二割五分以上ニ上ラザルベシト氏ハ更ニ其強度ヲ檢定スル爲メ二階床ノ一部ニ就キテ荷重ヲ加ヘタルニ原設計ニアリテハ安全荷重一平方呎ニ付150封度ニ堪エシムルノ考案ナリシニ實驗ノ結果300封度ニ達シタルモ毫モ異狀ヲ認メズ撓度僅カニ $\frac{1}{8}$ "ニ過ギザリシコトヲ報告セリ。

千九百五年及六年ニ涉リテ「ウールソン」教授(Woolson)ハ混凝土ノ強度及彈性ニ關スル高熱ノ影響ヲ研究シタリ其報告ニ依レバ脈岩混凝土ハ其影響最モ鮮少ナリシト云ヒ混凝土ハ硬化後三十二日乃至五十日ヲ經過シタルモノニシテ配合比ハ1:2:4ナリキ熱ニ曝露スル以前ニ於ケル強度ハ4"立方體ニ對シ1平方呎ニ付キ1900封度ナリシガ華氏750°迄ハ強度ニ著シキ差違ヲ見ズ750°ヲ超過シタル後漸々其強度ヲ減退シ遂ニ1500°ニ至リテ僅カニ其熔融ヲ初ムルヲ認メタリ石灰石ヲ用キタルモノハ500°ニ至リテ既ニ著シク其強度ヲ減シ1230封度トナリ1500°ニ至リテ765封度

ニ低下セリ彈性係數(Modulus of elasticity)ニ關スル實驗ハ $6'' \times 6'' \times 14''$ ノ供試體ニ就キテ之ヲ行セタリシガ脈岩混擬土ニアリテハ其壓縮一平方吋ニ付 200 封度ノトキ其彈性係數 3,180,000 乃至 3,450,000 ノモノ 500° ニ達シテ 715,000 乃至 834,000 ニ減少シ 1000° ニ至リテ 128,000 乃至 160,000 = 激退セリ一平方吋ニ付 600 封度ノトキ 2,140,000 乃至 3,000,000 ノモノ 500° ニ至リテ 902,000 乃至 950,000 トナリ 1000° ニ至リテ 171,500 乃至 212,000 = 低下シタリ之ヲ以テ是ヲ見ルニ熱ノ働キヲ受クルトキハ著シク其彈性係數ノ減少スルモノナルコトヲ知ルベシ石灰石混擬土ニアリテモ略脈岩混擬土ト同様ノ結果ヲ示シタリ要スルニ長ク高熱中ニ曝露セル混擬土小塊ノ強度及彈性ノ著シキ減退ハ鐵筋混擬土ニアリテモ亦同一ノ影響アルコトヲ示スモノナルモ混擬土ガ其熱ニ對スル傳導力ノ弱キコト及不燃性ノ大ナルコトニ依リ實際ノ火災ニ於テ全ク高熱中ニ包マル、モノト同様ノ影響アリト見做ス可ラザル「ウールソン教授ガ更ニ其熱ノ傳導ニ關スル實驗ニ徵シテ之ヲ證スルコトヲ得ベシ」氏ノ實驗ニ從ヘバ脈岩混擬土塊ノ表面ヲ二時間約 1500° ノ高熱ニ曝露スルトキ表面ヨリ $2''$ ヲ隔ツル點ニアリテハ 500° 乃至 700° ニ過ギズ更ニ $3''$ ノ深サニ達セバ殆ンド水ノ沸騰點ヲ超過スルコト稀ニシテ爐淬混擬土ニアリテハ其成績更ラニ良好ニシテ砂利混擬土ハ殆ンド脈岩ノ夫レニ匹敵セリ。鐵筋混擬土ニ於テ其鐵筋ノ一部ヲ混擬土外ニ延長シタルモノニ就キテ試驗シタルニ其結果又混擬土ノミノモノト異ナラズ混擬土及鐵筋ノ終端 1700° ニ達シタルトキ其表面ヨリ $2''$ ノ内部ニアリテハ 1000° ニシテ $5''$ ノ點ニアリテハ 400° 乃至 500° , $8''$ ノ點ニアリテハ水ノ沸騰點ニ達スル

ニ過ギザリシト云ヘリ。

大正三年八月大阪市堂島ニ於ケル安田倉庫ノ火災ハ本邦ニ於ケル重要鐵筋混擬土建築被害ノ嚆矢ナルベク其模様ヲ見ルニ延焼室數八箇ノ内 A 五號及 A 二號ノ損害稍々著シカリシモ發火點ナル A 六號室ノ如キニ至リテハ建築上ニハ殆ンド何等ノ損害ヲ認メズ其他ノ大部ハ小修繕ヲ加エテ直チニ之ヲ使用シ得ルノ程度ニ過ギザリキ。

第五節 煙道瓦斯及水氣ノ影響

過去數年間本邦ニアリテモ鐵筋混擬土煙突ノ構造ハ其應用多キニ拘ラズ其混擬土ニ及ボス煙道通過ノ瓦斯(Flue gas)ニ對スル影響ハ未ダ充分ナル材料ヲ得ルニ至ラズ。

久原鑛業會社日立鑛山ニ於ケル三箇ノ鐵筋混擬土烟道中其途中ニ縱横巾約 $\frac{1}{8}''$ ノ龜裂ヲ生ジタルモノアリ其原因ハ煙道中ニ沈澱セル煙塵(大部分硫黃)ニ發火シテ煙道内ハ一時火焰ニ包マル、場合溫度約華氏 800° ニ上リ非常ニ大ナル應力ヲ受ケタル結果ナルモスル場合ハ必ズシモ常態ナラザルヲ以テ設計ハ普通ノ溫度 150° トシテ計算シタルモノナリ而シテ其他ノ部分ニハ瓦斯ノ作用ニ基因スル龜裂ノ痕跡ハ之ヲ認ムルヲ得ズト云ヘリ。

煙道内ヲ通過スル瓦斯ノ種類ハ少量ノ亞硫酸瓦斯(Sulphur dioxide)若クハ硫酸瓦斯(Sulphur trioxide)ノ如キモノノミナラバ混擬土ニハ殆ント其働キヲ有セズ熔爐ヨリ出ヅル瓦斯中ニ含有スル濕氣普通ノ量ナルトキハ亦混擬土ヲ犯スガ如キ程度ニ至ラザルモ煙道ノ外側ヨリ浸入シ來ル濕氣ガ瓦斯體ヲ爲セル SO_2 若クハ SO_3 ト混ズルトキハ亞硫酸若クハ硫酸ヲ作リ混擬土ニ損害ヲ與フベシ

又可溶性鹽類殊ニ硫酸亞鉛(Zinc Sulphate)ヲ混擬土上ニ點滴セシムルトキハ之ヲ滲透シテ其結晶ニ際シ混擬土ニ裂縫ヲ與エ破片ヲ生ゼシムベシト云フ。

鐵筋混擬土ノ煙突ヲ作ル場合ニハ煙道ヲ通過シテ直接ニ混擬土ニ働く瓦斯ガ殆ント華氏 200° ヲ超過セザル程度ノ高サ迄耐火煉瓦ヲ張ルトキハ混擬土ニ對スル影響ハ毫モ懸念スルヲ要セザルベシト云ヘリ。

第八章 混擬土内ニ於ケル鐵筋ノ保護

第一節 鐵材腐蝕ノ作用

土木及建築構造物ニ使用セル鐵材ノ腐蝕ハ其耐久性ニ關シ疑點ヲ存スペキ最モ打擊的ノ威嚇ナリト云フベシ從ツテ鐵筋混擬土ノ發達以來其混擬土ノ性質ヲ熟知セザル者ニアリテハ其鐵筋ニ關スル混擬土ノ影響ニ就キテ亦多少ノ疑惑ヲ生ズルハ一應至當ノコトナリト云ハザルベカラズ夫レ鐵材ノ腐蝕ハ濕氣空氣及炭酸瓦斯(CO_2)ノ三者存在スル場合ニアラザレバ起リ得可ラザル現象ナリ即チ充分ニ乾燥セル空氣及全ク純粹ナル水中ニアリテハ鐵材ハ腐蝕作用ヲ受クルコトナシ然レドモ適當ナル狀態ニ於テ鐵ト水ト炭酸瓦斯トハ相化合シテ第一炭酸鐵(Ferrous Carbonate)ヲ作り直チニ空氣中ニアル酸素ト化合シテ第二酸化鐵(Ferric oxide)トナリ更ニ炭酸瓦斯ハ遊離シテ鐵材ノ新シキ部分ニ作用スペシ而シテ炭酸瓦斯極メテ少量ナル場合ニモ此働キハ猶充分ナリトスサレド炭酸瓦斯若クハ或酸類ハ「アルカリ」性ノ他ノ物質現存スル場合ニハ中和作用ヲ呈シ腐蝕ノ現象ヲ呈スルコトナシ即チ石灰水若クハ曹達液中ニハ鐵材ハ光輝ヲ有シツ、存在スペシ然ルニ「セメント」ハ強キ「アルカリ」性ヲ有スルヲ以テ鐵材ノ腐蝕ニ關シテハ最モ完全ナル保護者タルノ資格ヲ具フルモノト云ハザルベカラズ。

「ポートランドセメント」ハ約63%ノ石灰ヲ有シ水ノ働キニ依リテ含水硅酸石灰(Hydrated calcium silicate)及水化石灰(Calcium hydrate)

ノ結晶體ト變ジ其硬化ニ於テ速カニ炭酸瓦斯ヲ吸收シ炭酸鹽(Carbonate)ノ膜ヲ以テ鐵材ノ表面ヲ掩フベシ即チ鐵筋防蝕ハ混凝土ニ依リテ空氣ト直接ノ連絡ヲ有セザルコトノミニ歸スルニアラズ假令混凝土ガ有孔質ナリトモ又凡テノ周邊ニ於テ必ズシモ鐵材ト完全ニ接觸スルコトナクトモ猶酸類ヲ中和シ其腐蝕作用ヲ防止スペキノ性質ヲ有ス。

「ブルイエー」氏(Breuillé)ノ實驗ニ依レバ清淨ナル鐵材ハ「セメント」ト共ニ一種ノ可溶性化合物ヲ作リ其表面ヲ保護スペシト若シ此說ヲシテ真ナラシメバ鐵筋ヲ包圍スル混凝土ハ水氣ノ滲透ニ依リテ此化合物ヲ洗ヒ去ラシメザル様出來能フ限り防水的方法ヲ講ズルノ必要アルベシ。

炭滓混凝土中ニアル鐵材ガ往々腐蝕ヲ來スヤノ疑アルヲ以テ歐洲ニアリテハ一般ニ之ヲ使用セザルモ獨リ米國ニアリテハ盛ニ其應用セラル、ヲ見ル其腐蝕ノ有無ハ炭滓中ニ含有スル硫黃ノ量ニ依ルモノニシテ其量少キカ若クハ優性ノ膠泥ヲ混ゼル場合ニハ殆ント其害ナキモノ、如シ「ニューベリー」教授(Prof. Newberry)ノ實驗セルモノハ硫黃ノ量 0.61% ナリシガスクノ如キ少量カ若クハ其全部ガ硫酸ニ化セル場合ト雖モ混凝土中ノ「セメント」ニ依リテ酸化セラレ毫モ鐵材ヲ犯スペキ證迹ヲ見出スコト能ハズト云ヘリ。

千九百九年「ローランド」氏(Rohland)ノ「トーンインダストリエ」雜誌ニ掲載セル學說ニ據ルニ混凝土ノ混合硬化ノ始期ニ當リ其混合ニ使用セシ水ハ空氣中ヨリ炭酸ヲ吸收シ「セメント」内ノ石灰及石膏ト働キテ炭酸及硫酸ノ「イオン」トナリ鐵鏽即チ第二酸化鐵

ハ徐々ニ此「イオン」中ニ溶解セラル、モノナリト斷定シ而シテ非金屬中ニ於テ鐵材ノミ混凝土中ニ鑄ビス又初メヨリ鑄ビタルモノモ漸次此「イオン」中ニ溶解シテ消滅スペキモノナリトセリ。

要スルニ今日ニ於ケル學說ハ混凝土中ニアル鐵材ハ完全ニ保護セラレ腐蝕作用ヲ受ケザルノミナラズ其表面ニ少許ノ鑄ヲ生ジタルモノハ混凝土中ニアリテハ最早其作用ヲ助長スルコトナカルベキハ殆ント一般ニ認識セラル、ノ事實ナルガ如シ。往々鐵材ニ或塗料ヲ施コシ若クハ鍍金セル鐵材ヲ使用セント欲スル者アルモ無益有害ノ手段ナリト云フベシ塗料ヲ施ストキハ混凝土ト鐵材トノ附着力ヲ減退セシメ鍍金シタルモノハ混凝土中ニ含メル水氣ニ犯サレ不溶解ノ水酸化亞鉛ヲ生ジ鐵材ノ表面ニ粉狀ノ層ヲ作リテ同ジク混凝土トノ附着力ヲ害スルニ至ルベシ。但シ鐵材ヲシテ容易ニ酸化セシムベキ酸類ヲ混凝土ニ含有セシムルコトハ嚴重ニ之ヲ避ケザルベカラズ此點ヨリ云ヘバ海水ニテ混凝土ヲ練ルコト若クハ冬期冰結ヲ避クル爲メ食鹽水ヲ使用スル等ハ確カニ一考ヲ要スペキ問題ナルベシ。但シ遊離炭酸瓦斯ハ素ヨリ鐵材ニ有害ナルモ其少量ガ水ニ溶解シタル場合ニハ殆ント無害ナリト云フベク特ニ流動セザル水中ニアリテハ何等腐蝕ノ原因ヲ有セザルガ如シ。

第二節 混凝土内鐵材防鏽ニ關スル實驗

「ノルトン」教授(Prof. Norton)ハ千九百二年數百ノ供試體ニ就キテ鐵材防鏽ニ關スル實驗ヲ施行シタリ其供試體寸法ハ 3"×3"×8"ニシテ純「セメント」，1:3 ノ膠泥，1:5 ノ碎石混凝土，1:7 ノ炭滓混凝土，1:2:5 ノ碎石混凝土及 1:2:5 ノ炭滓混凝土ノ各種ニシテ

軟鋼ノ圓錐版鐵及「エキスパンションメタル」等ノ鐵材ヲ包圍シ其硬化シタル後蒸氣空氣及炭酸瓦斯ニ引續キ曝露セシメ別ニ鋼材ノミニ就キテ同様ノ比較實驗ヲ施シ其結果ヲ推究シテ次ノ結論ヲ得タリ。

純セメントハ假令其層薄クトモ鐵鏽ヲ防グニハ最モ有效ナル保護材料ナリ鑄止メニ必要ナル混擬土ハ緻密ニシテ空積若クハ裂縫ヲ有ス可ラズ鐵筋ニ接觸セル部分ノ混擬土ハ殊ニ軟練トスベシ炭滓混擬土中ニ見出サル、鐵鏽ハ重モニ炭滓中ニアル酸化鐵ノ作用ニ基キ少量ニ現存セル硫黃ニハ關係セズ炭滓混擬土ヲシテ空積ヲ存セシメズ軟練トシテ適當ニ搗固ムルトキハ鐵筋ヲ保護スルコト石材混擬土ト同様有效ナリ其最モ顯著ナル事實ハ混擬土ノ種類ヲ問ハズ凡テ軟練トシ其「セメント」液ガ塗料ノ如ク殆ント鐵筋ノ全部ヲ包ミタル處ニアリテハ決シテ鐵鏽ノ現存スルヲ認ムルコトナカリシト云ヘリ。

以上實驗ノ結果トシテ鐵筋ヲ混擬土中ニ入ル、前臺モ鐵鏽ヲ生ゼシメザル程ノ注意ハ必ズシモ必要ナラズ只鐵筋ニ接觸スル部分ノ混擬土ハ充分之ヲ軟練リトシ鐵筋ノ表面ヲ完全ニ被覆セシムルコト最モ緊要ナリ或ハ豫メ鐵筋ヲ「セメント」灰汁中ニ浸漬スルカ若クハ刷毛ヲ以テ其表面ヲ塗抹スルモ可ナリ但シ多量ノ鏽ヲ有スル鐵材ハ豫メ針金製刷毛ニテ其鏽片ヲ擦取シ之ニ溫タル稀硫酸ヲ適用シ最後ニ其酸類ノ凡テヲ中和スル爲メ溫メタル石灰乳ノ如キ「アルカリ」質液ニテ洗滌ヲ行フベシ硫酸ノ代リニ檸酸(Oxalic acid)ヲ使用スルモ可ナリ此場合ニハ酸類ハ酸化スペキヲ以テ石灰乳ハ之ヲ用キザルモ差支ナシ檸酸ハ約七倍ノ溫湯ト

混合シ刷毛又ハ海綿ヲ以テ其液ヲ塗抹スペシ。

第九章 氷結ニ對スル膠泥及 混擬土ノ保護

第一節 氷結ノ影響

氷結(Freezing)ノ時期ニ施工シタル膠泥若クハ混擬土ガ如何ナル影響ヲ生ズルヤニ就キテハ技術者ノ意見必ズシモ相一致セズ「ファルク」氏(Falk)ノ説ニ依レバ「セメント」ノ硬化ヲ始メザル前既ニ氷結スル場合ニハ其硬化ノ性質ニ被害ヲ及ボストナシ此狀態ニアリテハ水ヲ小球狀ノ氷ニ變化セシムベキ物理的作用ガ「セメント」ノ結晶ニ對スル化學的作用ヲ防止シ其化學的結晶ハ氷ノ小球ガ再ビ原液體ニ復歸スル迄ハ其作用ヲ始ムコトナシ故ニ「セメント」ノ硬化スル以前ニ再ビ氷結スルコトナクンバ續イテ來ルベキ硬化ノ進行ニ何等ノ損害ヲ與フルコトナシ然レドモ硬化ヲ始メタル後引續キ氷結及溶解ノ作用ヲ繰返ストキハ硬化ハ其途中ニ妨害ヲ受クルヲ以テ「セメント」ハ多少其被害ヲ蒙ムルノ恐レアルヲ免レズトセリ。

「ニューベリー」教授(Prof. Newberry)ノ説ニ依レバ「ポートランドセメント」ガ一通リ硬化ヲ了シタル後ニ起ル氷結ハ何等ノ害ヲ與エズ「セメント」硬化ノ續行ハ氷結ニ依リテ一時之ヲ妨グラル、モ溶解ノ後ハ再ビ其作用ヲ繼續スペシ硬化以前ニ於ケル氷結ハ恐ルベク水ノ餘分ヲ使用シタル場合ニ於テ殊ニ其然ルヲ見ル云々。

斯クノ如ク其結論ハ稍々相一致セザルモ事實ヲ綜合シテ之ヲ一般ニ云ヘバ「ポートランドセメント」ハ其硬化前氷結ヲ受ケタル

モノハ其表面ニ於テ塵芥ノ附着セルモノ硬化後剥落スルニ連レ同時ニ「セメント」ノ薄片ヲ奪ヒ其表面ヲ粗鬆トスルノ傾キアリ膠泥若クハ混擬土中ノ「セメント」硬化ハ遲滯スペク少時日後ニ於ケル強度ハ低減スペシ然カモ其終極ノ強度ニハ著シキ影響ヲ認ムルコトナキガ如シ。

但シ假令工費ノ增加ヲ客マズシテ充分ノ注意ヲ拂ヒ氷結ヲ防止シ得ル場合ト雖モ一般ニハ氷結時期ニ於ケル「セメント」工事ハ可成之ヲ避クルヲ安全ナリトス若シ已ムラ得ザル場合ニアリテハ第二節ニ述ブベキ相當ノ注意ト嚴重ナル監督トヲ要スペキモノナリトス。

第二節 冬期ニ於ケル混擬土工ノ注意

冬期氷結ノ候ニ當リ鐵筋混擬土工ヲ施スコトハ若シ差支ナキ場合ニハ可成之ヲ避クルヲ良策トスルモ是非トモ其必要アルトキハ工事ノ安全ヲ確實ナラシムル爲メニハ慎重ナル注意ヲ要スペク氷結ノ後猶硬化ニ對スル充分ナル時日ヲ經過シタル後ニアラザレバ之ニ荷重ヲ加フルコトヲ避クベシ。

基礎若クハ重壁ノ如ク其表面ノ體裁ヲ要セザルモノニシテ硬化後相當ノ時日ヲ經過スルニアラザレバ荷重ヲ受クルコトナキモノニアリテハ氷結ノ候ニ於ケル工事ニハ優性ノ「ポートランドセメント」ヲ使用スルノミニテ充分ナリトス去レド新シク次層ヲ置ク場合ニハ凡テノ塵芥ヲ洗滌除却スルコト絕對的ニ必要ナリ但シ氷結シタル塵芥ハ恰モ硬化シタル膠泥ト見紛フヲ以テ注意スペシ。

毫モ氷結ヲ許サム構造物ニアリテハ人工的ニ周圍ノ空氣ヲ

温ムルノ方法ヲ講セザルベカラズ但シ水點以下僅カニ數度ヲ降レル溫度ニアリテハ寧ロ其材料ヲ温ムルノ方法ヲ採ルコト多シ此場合ニハ「セメント」ノ硬化ヲ早メ其混合料ガ冰結ヲ初ムル時間ヲ遲緩ナラシムルノ利益アリ。

建物ニ鐵筋混泥土ヲ使用スル場合ニアリテハ適當ナル硬化ヲ爲サシムル爲メ相當ニ溫度ヲ保持スルヲ要ス普通ノ方法ハ藁束若クハ蓆ヲ以テ可成厚ク混泥土ノ表面ヲ掩ヒ柱若クハ梁ニアリテハ帆布類ニテ之ヲ包ミ其空隙ハ暖爐ヨリ導キタル適當ノ方法ニ依リテ之ヲ暖ムベシ。

冬期ニハ屢々混凝料ヲ暖メテ之ヲ使用スル場合アリ之ヲ大規模ニ行ハントセバ底部ニ蒸氣管ヲ配置セル床上ニ砂若クハ砂利層ヲ置クベク混凝石材ハ屢々蛇管ヨリ蒸氣ヲ送リテ之ヲ暖ムルコトアリ材料ヲ暖ムルニ依リテ生ズル強度ノ低下ハ殆ント之ヲ無視スルコトヲ得ベシ但シ材料ヲ暖ムル代リニ華氏 100° 乃至 150° ノ溫湯ヲ用キテ膠泥若クハ混泥土ヲ練ルモ結果ニ於テ著シキ相違ナシ。

水ノ水點ヲ低下セシムル爲メ食鹽ヲ加フルハ割合ニ廉價ニシテ有効ナリ其加フベキ分量ハ溫度ノ低下ニ伴ヒテ一定セズテトマイヤー教授 (Prof. Tetmajer) ノ實驗ニ依レバ水點以下華氏一度ニ付水ニ對スル鹽ノ重量ハ約 1% ナルベシト但シ實際ニ使用シタル例ニ依リテ之ヲ見ルニ其割合必ズシモ一定セズ要スルニ膠泥若クハ混泥土ノ硬化スル以前ニ於ケル溫度ノ低下ヲ豫メ假定シテ公式的ノ割合ニ鹽ノ量ヲ加減スルガ如キハ實際ニハ困難ナル作業ナルベキヲ以テ大凡技術者ノ見込ニ依リテ相當ノ量ヲ加フ

ルモ其結果ニ於テ別段ノ差違ヲ認メザルベシ故ニ溫度ガ水點以下數度ヲ降下スル見込アル場合ニハ膠泥若クハ混泥土ニ使用スル「ポートラントセメント」一樽ニ要スル水ノ重量ノ約一割内外ニ相當スル鹽ヲ加ヘ其經過ニ依リテ多少ノ加減ヲ行フベシ實驗ニ徵スルニ水ノ重量ニ對スル一割迄ノ鹽ヲ用フルトキハ其極強ニ及ボス影響ハ著シカラザルモ幾分カ其硬化ノ時間ヲ緩クシ更ニ其始期ニ於テ強度増進ノ割合遲緩ナルベシト云フ。

鹽化カルシユーム (Calcium chloride) ヲ「セメント」ノ重量ノ 2% ヲ超過セザル割合ニ加フルトキハ混泥土ノ冰結點ヲ低下セシムルニ又有效ナリト云フ然レドモ其分量 2% 以上ナルトキハ硬化ヲ早メ其取扱ヲ困難ナラシムルノ恐レアルヲ以テ注意セザルベカラズ。

爲メ「フェレ」氏ハ純膠灰及五種ノ砂ヲ撰ミテ試験シタル自己ノ實驗ニ基キ横距トシテ $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$ ノ値ヲ取り縦距トシテ種々ノ膠泥ニ對スル平均應壓力ヲ圖寫シ(17)式ヨリ K ノ値ハ

$$\frac{P}{\left(\frac{c}{1-s}\right)^2} \text{ リ}, \text{ 即チ各點ヲ通ズル直線ノ正切トナルヲ以テ其圖表ヨリ}$$

強度ヲ kg/cm^2 ニテ示ストキ平均 $K = 1965$

強度ヲ $\%/\text{in}$ ニテ示ストキ平均 $K = 28000$

ナルコトヲ見出シタリ但シ此値ハ「フェレ」氏ノ實驗ニ用キタル硬化後五ヶ月ニ於ケル膠灰ノミニ適用シ得ベキモノナルモ其示シタル原則ニ至リテハ一般ニ之ヲ應用スルコトヲ得ベシ但シ此公式ハ應張力ノ場合ニハ多少ノ斟酌ヲ要スベキモノトセリ。

要スルニ膠泥ノ強度ハ單位量中ニ含メル膠灰ノ量及ビ其密度ニ密接ノ關係アルコトハ「フェレ」氏ノ實驗ニ依リテ證明セラレ一般ニ其克ク實際ニ適合スルコトヲ認識セラル・ニ至レリ。

第二節 砂粒ト強度トノ關係。

一般ニ最密ナル砂換言セバ乾砂中ニ最少ノ空積ヲ有スル砂ハ最密從ツテ最强ナル膠泥ヲ與フルモノト想像スル者多シ然レドモ事實ハ決シテ然ラズシテ膠灰及水ノ添和ニ依リ其成分ニ著シキ相違ヲ來スペシ粘性膠泥ノ總容積ハ使用セル水量及乾燥セル原料ノ空積ニ依リテ影響スペク從ツテ細砂及膠灰ヨリ成ル膠泥ハ粗砂及同一ノ膠灰ヨリ成ルモノニ比シテ密度少ナシ何トナレバ細砂ハ單位容積中ニ其有スル粒ノ數多キヲ以テ從ツテ粒ノ接觸點多ク水ハーノ薄膜ヲ作リ更ニ表面張力(Surface tension)ニ依リテ粒ヲ相互分離セシムルノ傾向ヲ有スレバナリ。

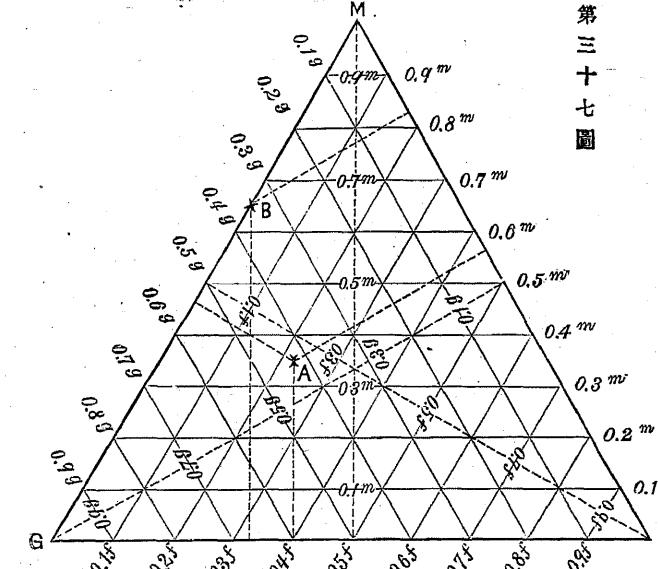
今砂粒ノ大小混合ノ割合ガ強度ト如何ナル關係ヲ有スルヤア知ルニ先チ「フェレ」氏(Féret)ハ其結果ヲ簡單ニ説明シ數表ノ代リニ圖表ニ依リテ一目瞭然タラシムン爲メ巧妙ナル方法ニ據リテ其圖式的配置ヲ案出シタリ即チ

G = 直徑 $5mm(0.2")$ ノ圓キ篩孔ヲ通過シ $2mm(0.079")$ ノ篩孔ニ殘留スル砂即チ粗粒ヲ示スモノ。

M = 直徑 $2mm$ ノ篩孔ヲ通過シ $0.5mm(0.020")$ ノ篩孔上ニ殘留スル砂即チ中粒ヲ示スモノ。

F = 直徑 $0.5mm$ ノ篩孔ヲ通過スル砂即チ細粒ヲ示スモノ。

以上三種ノ砂粒ヲ取り等邊三角形ノ各頂點ヲ夫々 G , M , 及 F トシニツノ縦横距ニテ示ス代リニ G , M 及 F ナル各頂點ヨリ測リタル距離ニ依リ其各種砂粒ノ凡テノ可能配合ヲ示スモノトセリ今

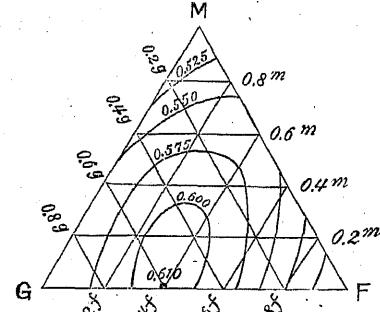


第三十七圖ニ於テ三角形ノ各頂點ハ砂ノ各種ノ100%ヲ示スモノトシ其點ヨリ反対ノ邊ニ引キタル垂直線上ニ順次百分率ヲ記入シテ 0% ニ至ラシメ其各點ヲ通ジテ圖ノ如ク其邊ニ平行線ヲ引

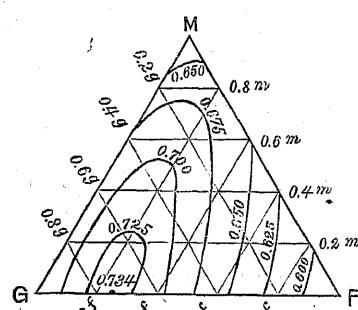
クベシスクテ三種砂粒ノ各配合比ハ各頂點ニ反對セル各邊ヨリノ垂直線ニ依リテ示サル、モノトナルベシ假令バ三角形内 A ナ點ニテ示サル、砂粒ノ成分ハ $G = 0,43$, $M = 0,35$, $F = 0,22$ ニシテ B ナル點ニテ示セル砂粒ノ成分ハ $G = 0,35$, $M = 0,65$, $F = 0$ ナルコトヲ示ス而シテ幾何學ノ原理ニ依リ等邊三角形ニ於テ其内部ノ或一點ヨリ各邊ニ下セル垂直線ノ和ハ常ニ其三角形ノ高サニ等シキヲ以テ以上二例ノ各數字ノ和ハ常ニ 1 或ハ 100% ナル三角形ノ高サニ等シカラザル可ラズ。

此方法ニ據リ「フェレー」氏ノ畫キタル砂ノ密度ハ第三十八圖及

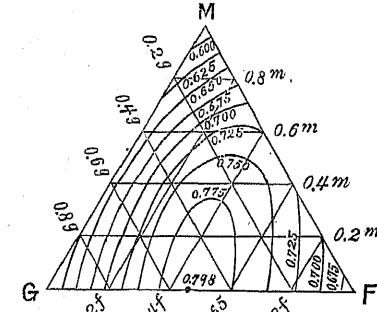
第三十八圖



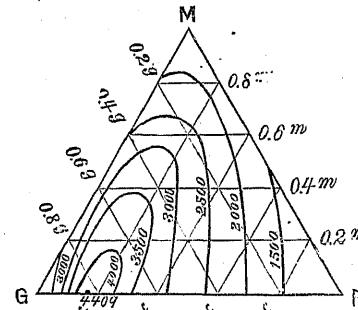
第四十圖



第三十九圖



第四十一圖



第三十九圖ニ於テ之ヲ見ルベク、第三十八圖ハ輕盛砂ノ單位容積中ニ於ケル砂ノ絕對實積ヲ示シ假令バ 0,575 ノ等密線上ニアル各種配合砂粒ハ 57,5% ノ密度ト 42,5% ノ空積アルコトヲ示シ最大密度ノ粒ハ重量ニテ 60% ノ粗粒ト 40% ノ細粒トノ混合ヨリ成リ密度 61%, 空積 39% ナルヲ示ス第三十九圖ハ同様ニ振盪セル砂ノ單位容積中ニ於ケルモノノ絕對實積ヲ示シ其最大密度ハ粗砂及細砂ノミヨリ成リ前者 55% 後者 45% ノ配合ニシテ其實積 79,8% 空積 20,2% ナルコトヲ示ス更ニ第四十圖ニ於テハ重量比 1:3 ノ新ラシキ膠泥ノ單位容積中ニ於ケル $(c+s)$ ノ絕對實積ヲ示シ最大實積ノ點ハ 0,734% 卽チ最大密度ノ膠泥ニ對シテハ前二者ノ最大密度ニ比シテ遙カニ粗粒ノ多量ヲ含有スルモノニ存スルヲ見ル第四十一圖ハ重量 1:3 ノ膠泥ニシテ其砂粒ノ配合ヲ異ニシ空氣中ニ於テ九ヶ月海水中ニテ三ヶ月ヲ經過セルモノ、一平方吋ニ於ケル應壓力度ヲ封度ニテ示セルモノナリ之ヲ第四十圖ト比較スルニ其強度ノ曲線ハ略ボ密度ノ曲線ト同様ナル方向ニ從フベキヲ示ス即チ第一節ニ掲載セル一般法則ノ正當ナルコトヲ證

第三十表

2" 立方體ニ於ケル膠泥ノ密度ト其應壓強度								
砂	重量ニ 於ケル 配合比	容積ニ 於ケル 配合比	單位容積成 分		密 度	$\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$	一週間後 ニ於ケル 平均應壓 力度 $(\#/\square")$	$K=28000$ トシテ算出セ ル六ヶ月後ニ 於ケル應壓力 度 $(\#/\square")$
			セメント %	砂 %				
粗粒	I:2,6	1:3	0,171	0,518	0,689	0,126	715	3530
細粒	1:2,6	1:3	0,154	0,466	0,620	0,083	405	2320
最細粒	1:2,6	1:3	0,149	0,451	0,600	0,074	330	2070

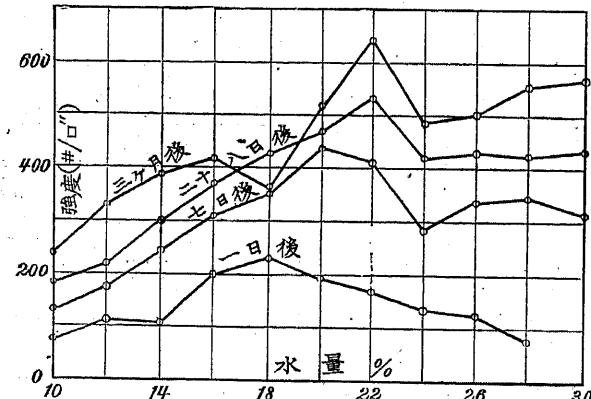
シ「フェレー氏公式ノ據ツテ來ル所以テ會得スルニ足ルベシ。一千九百六年タムソン氏ガ同様ノ實驗ヲ施シタル結果ハ第三十表ニ於テ之ヲ見ルガ如ク「フェレー氏ノ示シタル實驗ノ結果ト克ク相符合スルコトヲ證明セリ。

第三節 膠泥ノ强度ト水量トノ關係。

同一程度ニ膠泥ヲ練上グル爲メニハ細粒ノ砂ハ粗粒ノモノヨリモ水ノ多量ヲ要スペク此水量ノ如何ハ亦强度ノ上ニ間接ノ影響ヲ與フベシ同一ノ膠灰及砂ニ對シ其水量ノ不足ナルトキハ膠泥ノ永久的强度ニ多少ノ關係ヲ有シ過量ニ失スルトキハ膠灰ノ一部ヲ溶解シテ其性質ヲ害スルアルモ其影響ハ寧ロ物理的ニシテ化學的作用ヲ起ス。稀レナリ而シテ初メハ其强度ヲ減ズルモ材齡ト共ニ其影響減退スペシ。要ハ膠泥ノ極強ハ製出セル膠泥ノ密度ニ關スルモノニシテ同一ノ材料ニヨリテ最少量ヲ得タルモノハ硬化後ニ於ケル强度最大ナルモノト知ルベシ。

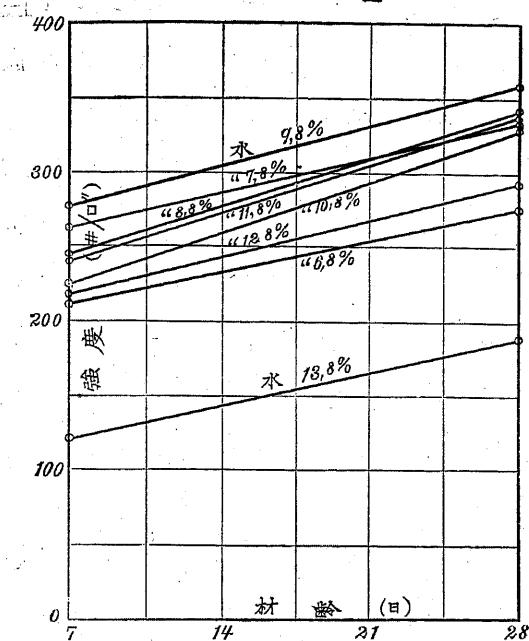
堅練ノ膠泥ハ軟練ノモノニ比シテ其强度一般ニ大ナリ特ニ硬

第四十二圖



化後少時日ニ於テ其結果著シ何トナレバ堅練ノモノハ搗固ヲ充分ニ爲シ得ル爲メ密度大トナルベケレバナリ去レド實驗並ニ實用ノ場合ニハ軟練ノ方寧ロ等一ナル結

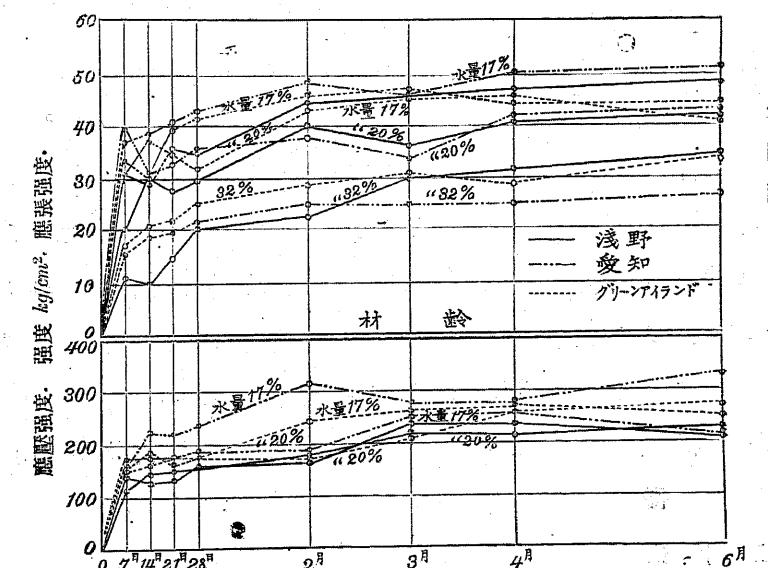
第四十三圖



果ヲ得ルコト多ク之ニ反シテ堅練ノモノハ其結果不同ナルヲ免レズ。

第四十二圖ハ純セメントニ對スル水量ガ强度ニ及ボス影響ヲ示シ第四十三圖ハ1:3ノ膠泥ニ對スル同一影響ヲ示スモノニシテ後者ハ五種ノ「セメント」ト各種五十ノ供試片ニ就キテ「テトマイア一教授(Prof.Tetmajer)」ノ實驗ニ係ルモノナリ。

第四十四圖



第四十四圖ハ明治三十三年淺野愛知及グリーンアイランド三種ノ純セメントニ就キ水ノ分量ト强度トノ關係ヲ試験シタル成績ニシテ其材齡長キヲ以テ頗ル参考ノ值アルモノナリ。

第四節 膠泥及混凝土用砂ノ検定

砂ノ或種類ガ膠泥若クハ混凝土用トシテ確カニ適當セリヤ否ヤヲ直覺的ニ判定スルコトハ熟練セル技術者ト雖モ頗ル困難ヲ感ズル所ナルヲ以テ緊要ナル工事ヲ施ス場合ニハ或一定ノ方法ニ據リテ之ヲ検定比較スルコト必要ナリ。

有機物其他ノ不純物ヲ含有セザル砂ヲ用キタル膠泥ノ比較的强度ハ砂粒ノ大サ及其各粒ノ比較大サニ依リテ支配サルベク粗粒ハ細粒ヨリモ膠泥トシテ强度大ナリ又一般ニ細粒ト粗粒ト適宜混合セルモノハ使用上最モ利益アリ若シ乾燥セル砂ノ總量ノ10%以上ガ百番ノ篩孔(長サー時ニ付百ノ篩孔ヲ有スルモノ以下準之)ヲ通過スル程度ノ細粒ナルトキ若クハ總量ノ35%以上ガ五十番ノ篩孔ヲ通過スル程度ノモノハ可成之ヲ避クルカ或ハ膠灰ノ或餘量ヲ加味セザル可ラズ。

砂ノ性質ヲ比較スルニハ實際ニ其各種ノ砂ヨリ成ル膠泥ノ强度試験ヲ施スコト蓋シ適當ナル手段ナルベシト雖モ其粒ノ成分(Granulometric Composition)ヲ試験スルコトモ亦他ノ方法ナルベシ即チ各種ノ篩ニ依リテ其篩孔ヲ通過スル百分率ヲ定ムルニアリ此試験ニ使用スペキ篩ノ種類ハ大凡次ノ標準ニ依ル。

篩ノ種類	篩孔ノ直徑(時)	針金ノ番號(B. W. G.)
八番	0.0955	23
二十番	0.0335	28

五十番	0.0110	35
百番	0.0055	40

篩ハ真鍮製トシ丸ク穿孔セルモノハ十字ニ編ミタルモノヨリモ砂粒ヲ通過セシムルニ容易ナリ此場合ニハ上記八番二十番五十番ニ相當スル圓孔ハ直徑各々約0.125, 0.050 及 0.020時ナリトス。

砂ノ化學的成分ハ硅酸ノ量約95%以上ヲ有スルモノハ膠泥トシテ最モ優秀ナリト云フ然レドモ此事實ハ必ズシモ確カナラズ75%ノ如キ少量ヲ含有スルモノニシテ能ク其强度ニ於テ往々第一位ニアルモノ亦尠ナカラズ。

砂ノ成分ヲ檢セントセバ稀鹽酸液中ニ之ヲ入ル、トキハ石灰分ヲ溶解シ不溶解ノ硅酸及粘土ヲ殘留スペシ故ニ其殘砂ヲ洗滌シテ粘土ヲ除却セバ略其良否ヲ判定スルコトヲ得ベシ。

膠泥ノ强度ニ對スル砂粒ノ細粗ガ與フベキ影響ニ關シテハ紐育水道局ニテ1:3ノ膠泥ニ施シタル實驗ノ結果第三十一表ノ如シ。

第三十一表

砂粒ノ細粗ト1:3 膠泥ノ强度トノ關係								
四番篩	篩孔ヲ通過セシ百分率			應張强度(%)		應壓强度(%)		
	八番篩	五十番篩	百番篩	七日後	九十日後	七日後	九十日後	
100	70	12	5	213	613	2690	5640	
100	86	21	6	263	412	1915	4660	
100	99	26	2	177	325	905	2170	
100	97	28	6	178	282	1070	1500	
100	94	44	12	139	228	905	1130	
100	100	52	14	122	170	275	810	
100	100	94	48	80	149	330	490	

有機質不純物ノ分量ヲ定ムルニハ是ヲ或容器ニ入レ數回水ヲ以テ能ク洗滌シ其水分ヲ蒸發セシメタル上殘滓ガ百番ノ篩ヲ通過スルモノノ原砂量ニ對スル百分率ヲ求メ更ニ「プラチナム」ノ坩堝中ニテ之ヲ燃焼シ其可燃有機物ノ量ヲ定ムベシ斯くて砂ノ殘滓中ニ其10%以上ノ有機物ヲ含有スルトキハ使用上多少ノ危險ヲ認メザルヲ得ズト云フ。

第五節 砂粒ノ大小形狀ト膠泥强度トノ關係

膠泥ノ强度ハ勿論其水ニ對スル不滲透性ハ砂粒ノ大小形狀ニ關係スルコト多シ霜害若クハ海水ノ分解作用ニ對スル抵抗ハ殆ント全ク其不滲透性ニ伴フベキヲ以テ曝露セル個所ニ於ケル膠泥ノ壽命ハ大部分其使用セル砂ノ性質ニ依ルモノト云ハザル可ラス故ニ強度ノ比較實驗ヲ行フ場合ニハ一定ノ標準砂ニ據ルコト必要ニシテ歐米各國何レモ或天然砂ヲ標準篩ニ依リテ篩別セル標準砂ヲ指定セリ假令ハ獨逸ニアリテハ「ライン及「フリイエンフルデ」(Rhein u. Frienwalde) 地方ヨリ採集セルモノヲ用キ一平方cmニ於ケル60ノ篩孔(針金ノ直徑0,38mm)ヲ通過シ120篩孔(針金ノ直徑0,32mm)上ニ殘留スルモノ、英國及瑞西ニアリテハ同シク64ノ篩孔ヲ通過シ144ノ篩孔上ニ殘留スルモノ、佛國ニテハ「シェルブル」(Cherburg)及「ルカート」(Lucate)産ヲ用キ同ジク64ノ篩孔ヲ通過シ124ノ篩孔上ニ殘留スルモノ、米國鐵筋混凝土聯合委員會ニテハ「オッタワ」砂(Ottawa)ヲ用ヒ一平方吋ニ20ノ篩孔(針金ノ直徑0,0163")ヲ通過シ30ノ篩孔(針金ノ直徑0,0112")ニ殘留スルモノトセリ。獨國ミュンヘン市ニ開設セル萬國材料會議ニテ推奨シタルモノハ篩ノ數ヲ次ノ三種トシ。

番號	一平方cmニ於ケル篩孔ノ數	針金ノ太さ
第一號	64	0,40mm
第二號	144	0,30mm
第三號	225	0,20mm

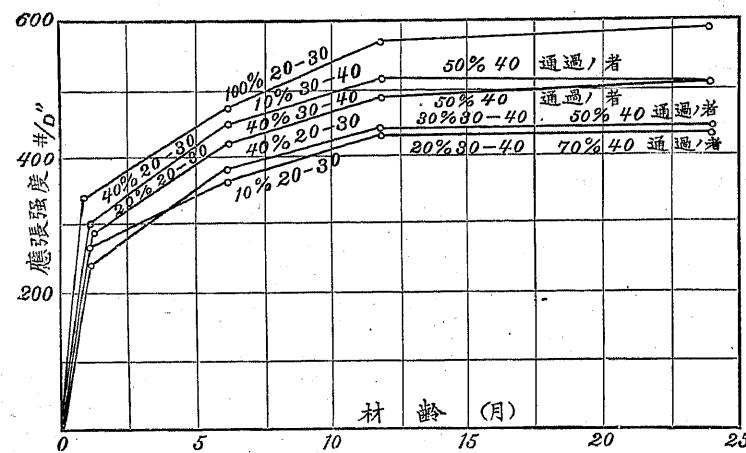
第一號ヲ通過シテ第二號ニ殘留スルモノ及第二號ヲ通過シテ第三號ニ殘留スルモノヲ等分ニ混淆シタルモノヲ以テ標準砂トスペシトセリ。本邦ニ於ケル農商務省告示中第五條(卷末附錄参照)中ニアル標準砂ハ以上材料會議ノ決議ニ準シタルモノニシテ農商務省及「ポートランドセメント」同業會ハ東京砂ト稱シ品川白煉瓦會社使用ノ白色石英砂ヲ以テ標準トスペシト指定セリ。

夫レ膠灰ハ砂ノ空積ヲ填充スルノミナラス又砂ノ各粒ヲ充分包圍セザル可ラズ而シテ空積ノ割合ハ砂粒ノ大小ニ關セズ若シ等質ナレバ殆ンド一定量トシテ存スペキモ其包圍スペキ全面積ハ砂粒ノ大サト正ニ反比例ヲ爲スペシ故ニ等粒ノ砂ニ對シ密度ノ大ナル膠泥ヲ得ル爲メニハ膠灰ノ量ハ砂粒ノ大サノ減退ト共ニ增加スペシ是レ細砂ヲ使用スルトキハ同量ノ「セメント」ニ對シテハ粗砂ヲ使用スルモノニ比シテ强度ノ弱キ膠泥ヲ得ルコトヲ證スルモノナリ。

天然砂ノ如キ粗細粒交互ニ混合セルモノニアリテハ空積ノ量ハ著シク減少ス去レド膠灰ヲ加フルトキハ其粒ハ極メテ細カキヲ以テ包圍サルベキ砂粒ノ全面積ハ又著シク增加スペシ其結果トシテ膠灰ノ定量ニ對シテハ其膠泥ノ强度ヲ減少スペキコト。

第四十五圖ニ示セル「ホウイラー」氏(Wheeler)ノ實驗ニ依リテ之ヲ證スルコトヲ得ベシ。其結果ニ依レバ全部20番ノ篩孔ヲ通過シ30

第四十五圖



次大ナルモノナルコトヲ結論シ得ベシ。

「フェレ」氏 (Feret) ハ砂粒ノ大小成分ノ割合ニ從ツテ膠泥ニ與フベキ影響ヲ研究シタル後膠灰ノ或定量ニ對シテ最强ナル膠泥ハ細砂及膠灰ノ混合重量ノ二倍ニ等シキ粗砂ヲ加ヘタルモノナルコトヲ結論セリ 但シ氏ノ使用シタル砂ノ粗細粒寸法ハ次ノ如シ。

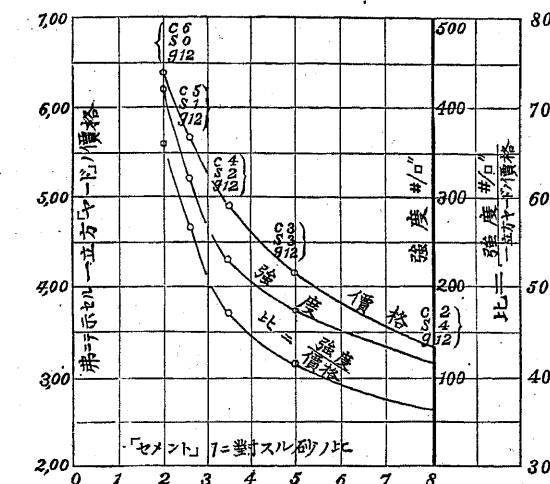
砂ノ種類 粗粒(2.0—5.0mm) 中粒(0.5—2.0mm) 細粒(0.5mm以下)

粗 砂	52%	48%	0
細 砂	1%	24%	75%

氏ハ更ニ粗粒ト細粒トノ供試砂ニ就キ其何レヲ採用スペキカニ關シテ實驗ノ結果或與ヘラレタル強度ノ膠泥ヲ得ル爲メニハ細砂ヲ用フルトキハ粗砂ヲ用フルモノニ比シテ殆ンド二倍ノ膠灰ヲ要スペキモノトシ粗砂ノ値ガ細砂ニ比シテ略六倍半ナル場合ト雖ドモ猶細砂膠泥ニ比シテ價格其75%ニ過ギザルコトヲ言

番ノ篩孔ニ
殘留セルモ
ノハ最大強
度ヲ與フベ
ク一般ニ粗
粒ノ割合大
ナル程膠灰
ノ一定量ニ
對スル膠泥
ノ強度ハ順

第四十六圖



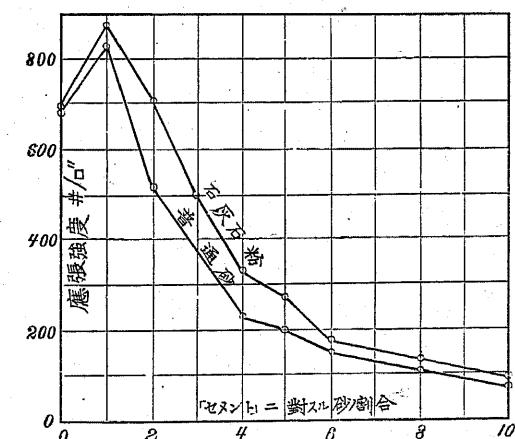
明セリ第四十六圖ハ此ノ
實驗ヨリ得タル強度ト價
格トノ比ヲ明瞭ナラシム
ルモノアルヲ以テ参考ト
シテ之ヲ掲載セリ。

第六節 砂ノ性質ト 膠泥ノ強度ト ノ關係。

砂若クハ碎石粉ヲ用キ
タル膠泥ノ何レガ其強度

ニ於テ優レルヤハ多少議論ノ存スル所ナリ其決定ハ恐ラクハ其產出セル膠泥ノ比較的密度ニ據ラザル可ラズ通常碎石粉ノ膠泥ハ高キ強度ヲ呈スルモノ多シト雖モ時ニハ砂入膠泥ノ優レルモノアルヲ以テ實際ニハ其材料ヲ組成セル粒ノ大サ及其細粗粒混

第四十七圖



合ノ割合ニ依ルモノニシ
テ必ズシモ一概ニ之ヲ論
ズ可ラザルガ如シ。第四
十七圖ニ於テ石粉及砂入
膠泥ノ比較實驗ノ一例ヲ
示ス。

砂粒ノ形狀及其成分モ
亦膠泥ノ強度ニ影響ヲ及
ボスモノナリト雖モ實驗
ノ結果ニ依レバ砂及石粉

ノ粒ノ成分(Granulometric composition)ニ對シテハ前者ハ寧口從屬的ノモノナリト云フコトヲ得ベシ又極メテ細微ナルカ若クハ成泥的石粉ハ膠灰ニ化學的作用ヲ與フルコトアルモ石盤、頁岩若クハ柔カキ石灰石等ヨリ得タル石粉ハ膠泥若クハ混泥土ノ性質ヲシテ寧口貧弱ナラシムルコト極メテ微細ナル砂ガ貧弱ナル膠泥ヲ生ズルト全ク同一ナル結果ヲ得ベシ。

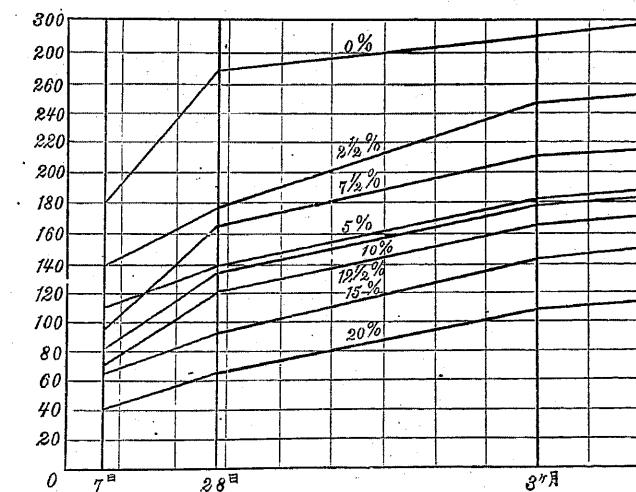
砂ハ其角銳(Angular)ナルモノヲ擇選スベシトハ在來仕様書中ニ特記セル事項ナルガ勿論其角銳ハ或程度迄ハ多少ノ影響ヲ與フベキモ砂粒ノ大サガ及ボスベキ影響ト比較スルトキハ殆ンド之ヲ論ズルニ足ラザルコト近來ノ實驗ニ依リテ證明セラレタリ。

天然砂中ニ含有スル不純物ガ膠泥トシテ使用スル場合ニ果シテ便益ヲ與フルモノナルヤ若クハ却ツテ有害ナルモノナルヤヲ一般ニ定ムルコトハ不可能ナリ此場合ニハ之ヲ 1) 不純物ノ性質、2) 砂粒ノ粗度、3) 膠泥ノ貧富等ノ條件ニ依リテ定ムルヲ至當ナリトス。若シ細粉ガ普通ノ鑽石成分假令バ粘土ノ如キモノナラバ膠泥ハ只物理的ニ影響サル、ノミニシテ若シ粘土ノ少量ガ等布的ニ配付セラル、トセバ膠泥若クハ混泥土工ヲ滑カナラシメ特ニ其不滲透性ヲ增加スルノ効力アリ。若シ不純物ガ有機質ノモノ即チ肥土ノ如キモノナラバ屢々膠泥若クハ混泥土ノ硬化ヲ妨ゲ若クハ遲延セシムルヲ以テ有害ナル結果ヲ與フベシ膠泥ノ貧弱ナルモノニアリテハ全ク有機物ヲ含マザル純粹ナル粘土ノ少量ヲ加フルトキハ幾分カ其質ヲ改良スルコトヲ得ベシ何トナレバ此等ノ細粉ハ却ツテ其密度ヲ增加スルニ預リテ力アルベケレバナリ之ニ反シテ豊富ナル膠泥ハ細粉ヲ加フルヲ要セズ

否寧口有害ナリ何トナレバ膠灰ノミニテ既ニ最大密度ヲ要スペキ細粉ノ量充分ナルベケレバナリ「グリーゼナウア」氏(Griesenauer)ハ之ニ關スル實驗ヲ施シ 1:2 ノ膠泥ニ對シテハ粘土ノ 2% ノ如キ少量モ其強度ヲ減退スペク若シ 20% ヲ加フルトキハ殆ンド 30% ノ強度ヲ減ズベク之ニ反シテ 1:3 ノ膠泥ニアリテハ粘土 2% ノ添和ハ幾分カ強度ヲ增加シ其 20% ヲ加フルモ著シキ害ヲ認メズトシ「ホウイーラー」氏(Wheeler)モ亦實驗ニ依リテ其事實ノ確カナルコトヲ證明シタリ。

砂中ニ含有セル雲母石粉(Mica dust)ニ關シテハ「フェレー」氏(Féret)ノ實驗ハ其 2% ノ存在ハ膠泥ノ應張強ニ僅カノ影響ヲ與フルニ過ギザルコトヲ證シ應壓強ニ關シテハ猶多クノ雲母モ敢テ有害ナラズトシ「ウイリス」氏(Willis)ノ實驗ハ雲母ノ存在ハ砂ノ空積ヲ增加シ其強度ヲ減ズベシトセリ假令バ氏ノ實驗ニ使用シタル砂

第四十八圖



ハ之ヲ輕ク振盪セバ 37% ノ空積ヲ有スルモノナリシガ 20% ノ雲母ヲ加フルベ空積 67% トナリ重量從ツテ減退シ膠泥ノ混捏ニ要スル水ハ約三倍ニ增加スペクスクノ如ク空積ノ增加と共に其密度ヲ減ジ

從ツテ其强度ノ減退ヲ見ルベシトセリ氏ノ實驗ノ結果ハ第四十八圖ニ示セルガ如ク20%ヲ有スルモノハ毫モ之ヲ含マザルモノニ比シテ約40%ノ强度ヲ有スルニ過ギザルヲ見ルベシ。

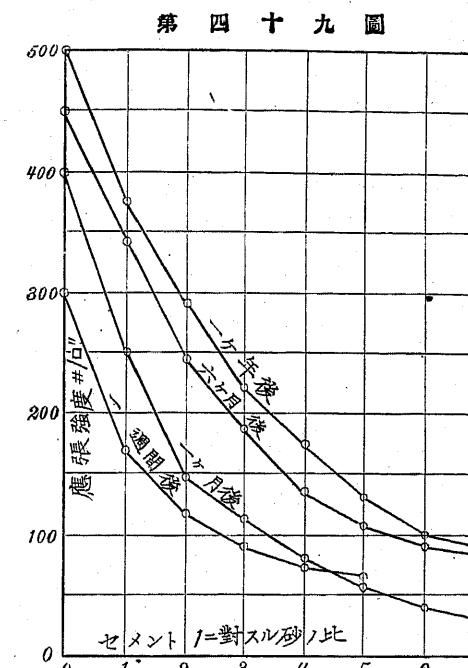
第七節 砂ノ増加ト强度ノ減退トノ關係

膠泥ノ强度ハ純「セメント」ヨリモ弱シ何トナレバ砂ニ對スル膠灰ノ粘着力(Adhesive power)ハ膠灰ノ凝結力(Cohesive power)ヨリモ少ナケレバナリ。但シ1:1ノ膠泥ハ往々純「セメント」ノ强度ヨリモ大ナルコトアルハ除外例ト見做スコトヲ得ベシ砂ノ比ヲ増スニ從ヒ膠泥ノ强度ハ減退スペク1:3ノ膠泥ニテモ砂粒ノ空隙ヲ萬遍ナク膠灰ヲ以テ填充スルコトハ實際ニ不可能ナルガ如ク砂ノ量增加スルニ從ヒ其填充シ得ザル空積ヲ增加シ從ツテ切斷面積減少スペキノ理ナリ。

第三十二表ニ示セル成績ハ「ポートランドセメント」ノ二種ヲ取リ河砂2倍乃至10倍ト混ジタル膠泥ニ就キ6ヶ月乃至2ヶ年ニ

第三十二表

砂ノ増加ニ伴フ膠泥强度ノ減退						
「セメント」 1=對スル 砂ノ重量比	應張強度 ^{#/cm}			1:2ノ强度 ヲ100トセ ル二年後ノ 强度率		
	六ヶ月後		二年後			
	A	B	A	B	平均	
2	512	504	534	548	541	100
3	390	335	363	355	359	66
4.09	295	261	296	288	292	54
6	175	144	191	174	182	35
8	113	96	132	132	132	24
10	64	74	104	116	110	20



第四十九圖

涉リテ試験シタル結果ヲ示ス是ニ依リテ知リ得ベキ興味アル事實ハ膠泥ノ强度ハ略ボ混和シタル砂ノ割合ト逆比例ヲ爲スコト是ナリ假令バ6倍ノ砂ヲ混ジタルモノノ强度ハ其2倍ノモノニ比シテ略 $\frac{1}{2}$ ニ當リ10倍ノ砂ヲ混ジタルモノハ2倍ノモノニ比シテ略 $\frac{1}{10}$ トナルガ如シ此事實ハ必ズシモ常例ヲ以テ律スペカラズト雖ドモ砂ノ増加ニ伴ヒ殆ンド逆比例的ニ順次其强度ヲ遞減スペク一般ニ云ヘバ1:3ノ標準膠泥ハ六ヶ月後ノ强度純「セメント」ノ强度ノ約 $\frac{1}{2}$ ニ當ルヲ見ル。

猶砂ノ比ヲ異ニスル膠泥ノ强度ニ關スル實驗甚ダ多シト雖ドモ大要其原則ニ於テ異ナル所ナキヲ以テ第四十九圖ニ於テ更ニ「ベーカー」氏(Baker)ノ實驗ニ基クーノ圖表ヲ掲グルニ止ムベシ。

第八節 膠泥ノ材齡ニ伴フ强度ノ增加

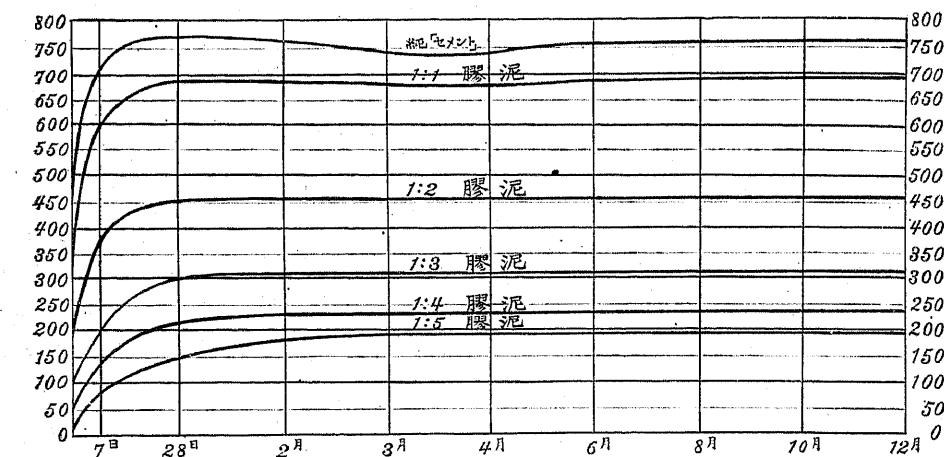
膠灰ノ構造上ニ於ケル價值ハ二ツノ劃然タル要素ニ從フモノニシテ第一ハ其混捏後速力ニ固體ニ硬化スル力、第二ハ時日ノ經過ト共ニ著シク其强度ヲ增進スル力是ナリ從ツテ强度試験ニ依リテ膠灰ノ良否ヲ判定スル場合ニハ或短時日ニテ得ベキ最初ノ强度並ニ時日ノ經過ニ伴フ强度増進ノ率ヲ考慮セザルベカラズ。

第五十圖ハ米國費市立工業試驗所ニテ試驗シタル純セメント

%/o"

第五十圖

%/o"



及膠泥ノ強度増進率ヲ示スモノニシテ純セメント及1:3 膠泥ノ曲線ハ十萬以上ノ供試體ノ平均値ニシテ他ノ曲線ハ夫レタ三百乃至五百以上ノ平均値ヲ示スモノナリ。

「アンウイン」教授 (Prof. Unwin) ハ其實驗ノ結果膠泥硬化ノ最初一週間ヲ經過シタル後其最大強度ニ達スル迄其増進率ハ甚ダ單純ナル法則ニ從フベシトセリ今 x ヲ材齡ヲ示ス數トシ其各週間に於ケル強度ヲ %/o" ニテ表ハシ之ヲ y トセバ

$$y = a + b(x-1)^n \quad \dots \dots \dots \quad (18)$$

ナル形ヲ得ベシ a ハ硬化後一週間ニ於ケル膠灰若クハ膠泥ノ強度, b 及 n ハ材齡 (Age) ニ伴フ強度増進ニ對スル常數ナリ而シテ「ポートランドセメント」ノ凡テノ應張強ニハ n ハ立方根ヲ取ルベク應壓強ニハ n ハ平方根ヲ取ルベシ從ツテ異リタル材齡ニ於ケルニツノ試驗ヨリ其公式ノ常數ヲ決定シ得ベシ斯クノ如ク此公

式ニ於ケル a 及 b ハ或一種ノ配合ニ對スル一定膠灰ノ常數ナルヲ以テ明カニ又其膠灰ノ性質ヲ表明スルモノナリ若シ或膠灰ニ

第三十三表

「グラント」氏ノ實驗數ヨリ導ケル常數 b ノ算出值				
純 膠 灰				
材 齡 x (週間)	強 度 y (%/o")	$y-a$	$b = \frac{(y-a)}{\sqrt{x-1}}$	公式ヨリ算出 セル y ノ強度 (%/o")
1	363	—	—	363
4	415	52	36	431
13	470	107	47	471
26	525	162	56	503
39	542	179	53	525
52	547	184	49	541
104	590	227	48	588
156	585	—	—	—
				平均 48.
1:3 膠 泥				
1	157	—	—	157
4	202	45	31	214
13	244	87	38	249
26	285	128	44	274
39	307	150	45	292
52	320	163	44	305
104	351	194	41	345
156	350	183	36	372
208	363	—	—	—
260	365	—	—	—
				平均 40.

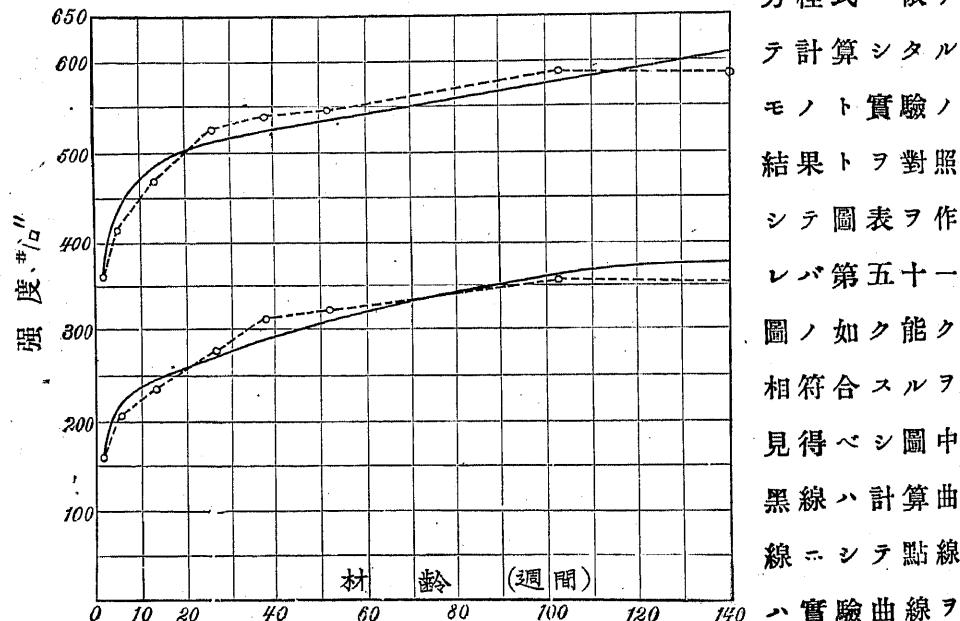
就キ此等 a, b の値ヲ決定シ此ヲ上式中ニ插入スルトキハ其數式ハ其膠灰ニ對スル特徵方程式(Characteristic equation)トナルベシ此公式ノ應用ヲ明カニスル爲メ「アンヴィン教授ハ「グラント」氏(Grant)ノ七ヶ年ニ涉リテ試験シタル純膠灰及1:3 膠泥ニ就キテ之ヲ検定シ「グラント」氏ノ使用シタル膠灰ハ前者ニアリテハ $a = 363$ 後者ニアリテハ 157 ナルコトヲ知レリ故ニ假令バ應張強ニ關シテ b の略值ヲ知ラント欲セバ上式ヨリ

$$b = \frac{(y-a)}{\sqrt{x-1}} \quad \text{トシテ } x \text{ の各週間に對スル } b \text{ の値ヲ求メ其平均値ヲ求ムルコト第三十三表ノ如クスルトキハ}$$

$$\text{純膠灰ニ對シテハ} \quad y = 363 + 48 \sqrt{x-1} \quad \dots \dots \dots (19)$$

$$\text{膠泥ニ對シテハ} \quad y = 157 + 40 \sqrt{x-1} \quad \dots \dots \dots (20)$$

第五十一圖



ヲ得ベシ今此
方程式ニ依リ
テ計算シタル
モノト實驗ノ
結果トヲ對照
シテ圖表ヲ作
レバ第五十一
圖ノ如ク能ク
相符合スルヲ
見得ベシ圖中
黒線ハ計算曲
線ニシテ點線
ハ實驗曲線ヲ

示スモノナリ。

「アンヴィン教授ハ更ニ「バウシング」教授(Prof. Bauschinger)ノ實驗ノ結果ヨリ研究シテ純膠灰及膠泥ノ應張強ニ關スル b の値ハ

第三十四表

膠灰及膠泥ノ十ヶ年間ニ於ケル應張強度ノ變化										
純「セメント」		水量	一週	四週	三ヶ月	六ヶ月	一年	三年	五年	十年
小野田	着手 31年 $\frac{20}{6}$ 完了 41年 $\frac{22}{6}$	17%	43,70	42,75	41,70	46,60	37,45	46,45	53,85	45,40
ステルン	着手 31年 $\frac{2}{7}$ 完了 41年 $\frac{3}{7}$	27%	47,70	51,10	58,45	57,55	59,15	61,10	64,65	65,05
アルゼン	着手 31年 $\frac{5}{8}$ 完了 41年 $\frac{7}{8}$	15	48,85	44,15	53,85	52,40	59,50	58,25	65,35	56,60
フランス	着手 32年 $\frac{19}{1}$ 完了 42年 $\frac{20}{1}$	17	29,55	40,75	37,45	42,45	52,25	52,85	57,75	56,40
1:3 膠泥(獨逸標準砂)										
小野田	着手 31年 $\frac{22}{6}$ 完了 41年 $\frac{23}{6}$	8	10,00	14,25	16,70	19,60	19,05	20,05	21,85	28,00
ステルン	着手 31年 $\frac{4}{7}$ 完了 41年 $\frac{5}{7}$	9	16,40	24,05	26,80	27,35	29,25	29,75	30,40	33,90
アルゼン	着手 31年 $\frac{8}{8}$ 完了 41年 $\frac{9}{8}$	9	21,10	23,10	27,45	28,60	34,40	30,90	29,90	33,20
フランス	着手 32年 $\frac{20}{1}$ 完了 42年 $\frac{21}{1}$	7	16,65	20,60	25,10	28,10	31,80	31,90	36,65	39,90
1:5 膠泥(獨逸標準砂)										
小野田	着手 31年 $\frac{25}{6}$ 完了 41年 $\frac{26}{6}$	4	5,10	6,55	10,65	11,85	11,75	13,70	13,40	17,25
ステルン	着手 31年 $\frac{12}{7}$ 完了 41年 $\frac{13}{7}$	6	8,60	12,45	16,15	15,00	15,50	15,10	16,05	16,40
アルゼン	着手 31年 $\frac{11}{8}$ 完了 41年 $\frac{12}{8}$	7	11,45	13,80	17,85	19,55	18,95	18,00	16,85	19,85
フランス	着手 32年 $\frac{28}{1}$ 完了 42年 $\frac{29}{1}$	6 $\frac{1}{2}$	6,30	13,00	16,20	17,10	21,05	22,05	23,80	25,85
化學分析										
	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	SO ₃	H ₂ O / CO ₂	合計	供試體ハ一日空中爾後凡テ淡水中ニ沈置	
小野田	18,08	11,35	4,23	59,83	1,01	0,42	3,91	98,88	強力ハ獨逸試驗法ニ據り數字ハ十箇ノ平均ヲ示ス	
ステルン	22,53	6,71	1,83	62,28	1,17	1,53	3,55	99,60		
アルゼン	20,43	7,88	2,30	62,23	1,36	2,60	3,40	100,20		

$\frac{1}{2}$ ナリトシ

$$y = a + b\sqrt{x-1} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (21)$$

ナルコトヲ證明シタリ。

更ラニ小野田セメント會社ガ明治三十一年ヨリ十ヶ年ニ涉リテ試験シタル成績ハ極メテ貴重ナル報告ニシテ大ニ參考ニ資スベキモノアルヲ以テ第三十四表ニ於テ之ヲ掲載セリ。

第九節 膠泥ノ應張強ト其應壓強トノ關係

一般ニ云ヘバ膠灰ノ應壓強ガ應張強ニ於ケル比ハ 6 乃至 12 ノ間ニアリ然レドモ應張強及應壓強ノ試験ニ於テ得ラル、結果ハ「セメント」ノ種類、供試體ノ形狀及其寸法、製作ノ方法等ニ依リテ大ニ影響ヲ受クベキヲ以テ實際ニ其比ニ關スル定值ヲ斷定スルコトハ困難ナリ只應張強ニ於テ最も良好ナル結果ヲ得ル膠灰ハ一般ニ應壓強ニ於テモ亦最高ノ強度ヲ有スルハ事實ニ近キモノト云フコトヲ得ベシ。

應壓強ノ應張強ニ於ケル比ハ砂ノ性質ニ依リテ變化ス膠灰ノ配合優良ナルモノハ應壓強ハ應張強ヨリモ強度ノ增進率大ナリ從ツテ此ニツノ比ハ大トナルベシ此法則ハ混擬土ニ於テモ亦事實上認識セラル、ガ如シ。

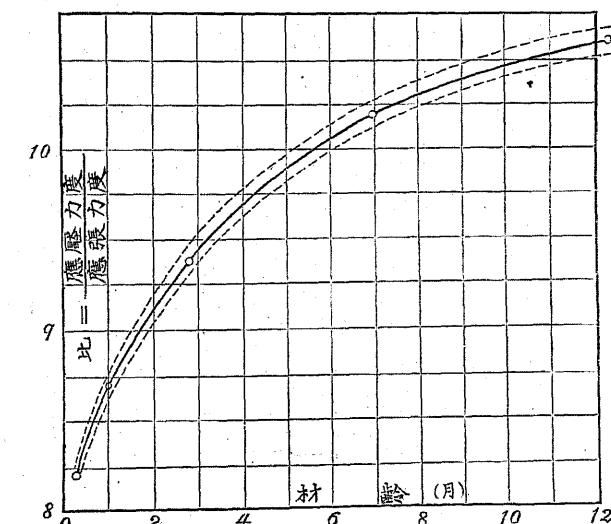
「カンドロー」氏 (Candlot) ハ此ニツノ強度比ノ變化ヲ示スベキ多クノ實験ヲ施シタリ今其要ヲ第三十五表ニ摘載ス其結果ヲ見ルニ應壓強ノ應張強ニ於ケル比ハ膠泥ノ材齡及其富度ト共ニ増進スベキコトヲ示ス。

「フェレー」氏 (Feret) ハ廣汎ナル實験ヲ施シタル結果應壓強ト應張強トノ間ニハ一定ノ關係ナキコトヲ斷言シ同ジ應壓強ヲ有ス

第三十五表

砂ノ一立方 呎ノ重量ヲ 100#ト假定 シ「セメン ト」一ニ對 スル砂ノ最 近比	砂ノ一立方 ヤードニ 於ケル實際 ノ「セメン ト」ノ重量 (#)	應張及應壓強度 (%)										三年後ニ 於ケル應 張強度ニ 對スル應 壓強度ノ 比	
		七日後		廿八日後		一年後		二年後		三年後			
		T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.		
10.8	250	27	266	38	408	70	507	74	572	108	738	6.8	
6.4	420	128	643	143	1164	212	1730	209	1630	219	1775	8.1	
4.6	590	139	1040	234	1940	337	2980	284	2930	341	3080	9.0	
3.5	760	233	1520	393	3080	435	4020	400	4400	462	4590	9.9	
2.9	930	251	2110	462	3690	490	5580	490	5680	557	6060	10.9	
2.5	1100	349	2630	551	5020	594	5820	557	6060	616	6480	10.5	
2.0	1350	368	3360	550	5020	713	7750	805	7860	784	8710	11.1	
1.6	1690	443	3310	561	5070	767	7670	907	8800	815	9180	11.3	

第五十二圖



試體ニ於ケル實驗ノ結果ヲ參照シテ「シェーピー・ジョンソン教授

ルニツノ異リタル膠
灰ハ必ズシモ應張強
ニ於テ同一ナラズ而
シテ應壓強ノ實驗ハ
應張強ヨリモ膠泥ノ
粘着力ヲ檢定スペキ
真正ノ尺度タルベキ
ヲ薦告セリ。

「テトマイヤー教授
(Prof. Tetmajer) ノ施
タル殆ンド三千ノ供

ノ比較實驗ヲ掲載セリ之ニ依リテ彎曲應力ノ應張強ニ於ケル比

第三十七表

材齡	重量ニテ「セメント」ノ一ニ對シ砂ノ配合ヲ異ニスル膠泥ノ平均強度 %													
	純「セメント」		1:1		1:2		1:3		1:5					
	應張 強	應彎 強	應張 強	應彎 強	應張 強	應彎 強	應張 強	應彎 強	應張 強	應彎 強	應張 強	應彎 強	應張 強	應彎 強
7日	588	1115	3453	484	607	2672	294	407	1420	182	247	695	—	—
28日	698	1237	4617	630	915	3343	—	—	—	277	397	1088	—	—
3月	733	1340	4447	705	1121	3250	491	764	1950	338	541	1245	187	286
1年	—	—	—	728	1185	5825	—	—	—	379	582	1725	252	369
														725

砂ハ破碎石英ニシテ 20番篩ヲ通過シ 30番篩ニ殘留セルモノ。

ハ 1.25 乃至 1.9 ナルコトヲ知リ更ニ其應壓強ハ三ヶ月及一ヶ年ノ間ニ於テ應張強若クハ應彎強ヨリモ著シク増進スルモノナルコトヲ示ス。

第三十八表

乾燥セメント 混疑料ニ 對スル水 ノ百分率	平均強度 %			應張強ニ對スル應彎強及應壓強ノ百分率	
	應張強	應彎強	應壓強	應彎強	應壓強
9	516	837	1731	162	335
12	533	987	2173	185	408
15	467	850	2498	180	533
18	461	966	2823	209	612
21	430	1022	2487	239	578

更ニ同氏ハ第三十八表ノ如ク應張強、應壓強及應彎強、三者ニ

關シ膠泥練合ノ結果ガ如何ナル影響ヲ與ベキヤヲ示セリ是ニ依リテ「ポートランドセメント」ノ場合ニハ應彎強及應壓強ハ應張強ニ於テ最大強度ヲ與フルトキヨリモヨリ多ク水ヲ加ヘタル膠泥ノ場合ニ起ルベキモノナルコトヲ見ルベシ。

第十一節 膠泥ノ彈性係數

鐵筋混疑土ノ應用ニ伴ヒ膠泥及混疑土ノ彈性係數 (Modulus of elasticity) ニ關スル研究ノ必要大ナルモノアリ一般ニ舊時検定セラレタル彈性係數ハ其值高キニ失スルガ如シコレ豊富ナル混合材料ヲ使用シタルノミナラズ實際施工ニ使用セラル、ヨリモ取扱ニ充分ナル注意ヲ拂ヒ又其検定ハ甚ダ限定セラレタル荷重ヨリ起ル變形量ニ依リテ打算セラレタルヲ以テナリ。

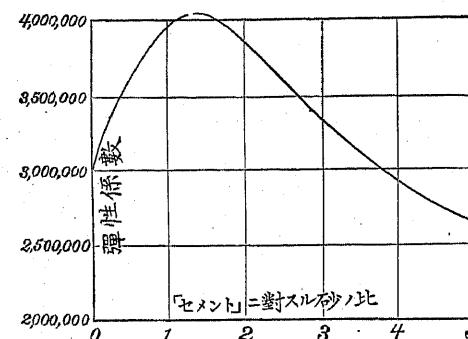
近來研究ノ結果ニ依レハ膠泥若クハ混疑土ノ應力ト變形量トノ比ハ相當ニ低キ荷重ノ場合ニアリテモ決シテ或一定ノ比ヲ有セズ應力ノ增加ト共ニ彈性係數ヲ減退スルモノナルコトヲ知レリ第三十九表ハ米國「ウォータータウン」造兵廠ニ於テ 12"ノ立方供

第三十九表

膠泥ノ 練方	「セメント」膠泥ノ彈性係數							
	容積ニテ示セル「セメント」及砂ノ比							
	1:2		1:3		1:4			
次下記載ノ荷重(%)ニ對シ千ヲ單位トスル彈性係數								
硬練	100-600	100-1000	1000-2000	100-600	100-1000	1000-2000	100-600	100-1000
軟練	3571	2500	1923	2500	1956	1250	3125	1875
	1923	1956	2083	—	—	—	2045	1250

試體ニ就キ定メタル膠泥ノ彈性係數ヲ示スモノニシテ明カニ以上ノ事實ヲ證明セリ一般ニ強度及彈性係數ハ混合ニ使用スル水量多キモノ程又砂ノ割合増加スルニ從ツテ減退スペキコト第五

第五十三圖

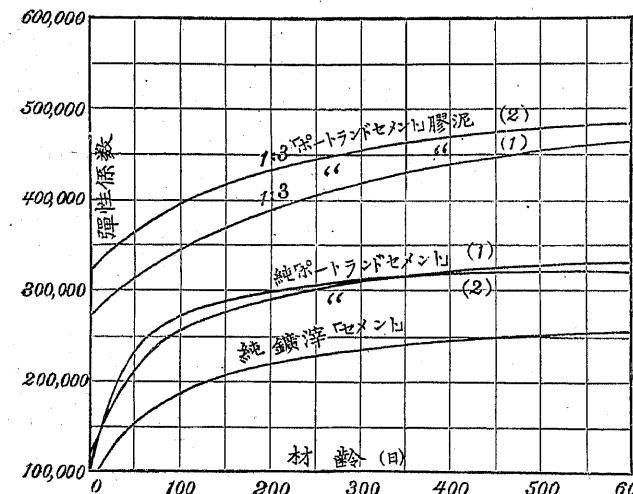


十三圖ニ示セルガ如ク「バッハ」教授(Prof. Bach)ノ實驗ニ係ル直徑 10", 長サ 40" ノモノニ就キ三ヶ月後ニ試驗シタルモノ、應壓強檢定ノ結果ニ依リテモ之ヲ窺知スルコトヲ得ベシ。

猶彈性係數ハ材齡ト共ニ

增加スルコト第五十四圖ニ示セルガ如ク米國工學會ガ彎曲試驗ニ依リ檢定シタル結果ニ依リテ之ヲ解シ得ベシ更ニ注意スペキ

第五十四圖



ハ 1:3 ノ 標 準 膠
泥ニアリテハ純
膠灰ヨリモ其彈
性係數ハ殊ニ彎
曲試驗ヨリ得タ
ル場合ニ於テ約
三分ノ一丈ケ大
ナルノ事實アル
コト是ナリ猶彈
性係數ハ「ポート

ランドセメント」ニ對スルモノヨリモ鑄津「セメント」ニ於テ遙カニ

低度ヲ示ス換言セバ鑄津「セメント」ハ「ポートランドセメント」ヨリモ彈性ニ富メルヲ見ルベシ此事實ハ構造ノ或場合ニ於テ屢々必要ナル應用ヲ見ルコトアリ。

第十二節 膠灰及膠泥ノ強度ニ關スル規定。

最初參考ノ爲メ歐洲ニ於ケル規定ノ大要ヲ摘載センニ獨國ニアリテハ 1:3 ノ 膠泥ニ於ケル供試體ノ應張強ハ 4 週間後ニ於テ少ナクモ一平方 cm = 付 16kg, 應壓強ハ應張強ノ 10 倍以上トシ露

第四十表

會社 名稱	純「セメント」				1:3 膠泥(東京砂)				1:3 膠泥(獨逸砂)			
	24時	1週	4週	3ヶ月	24時	1週	4週	3ヶ月	24時	1週	4週	3ヶ月
A	31,6	60,8	62,1	53,8	17,6	28,5	31,6	31,9	16,3	20,1	22,9	28,1
B	45,3	54,8	59,6	66,4	18,9	26,4	32,5	36,6	17,5	20,5	25,9	30,5
C	21,3	31,8	38,8	45,0	8,6	16,4	23,8	29,5	8,6	12,5	19,1	23,6
D	36,0	47,0	49,0	54,6	17,4	23,1	30,5	35,9	15,1	20,4	25,0	32,0
E	46,4	44,8	48,0	54,8	21,4	24,1	21,9	33,3	17,5	19,5	25,1	32,0
F	34,6	59,4	55,5	65,0	15,9	22,4	31,0	33,5	13,4	18,6	22,5	26,9
G	32,8	41,8	44,0	48,6	10,3	17,1	21,6	29,3	9,8	14,1	18,9	24,4
H	30,4	50,4	55,6	62,3	7,9	19,6	32,4	42,6	8,8	18,4	26,6	34,7
H'	31,8	69,9	78,1	73,9	8,9	27,5	36,6	36,5	8,3	22,9	31,1	30,8
K	28,3	49,5	46,5	60,9	11,5	20,9	24,8	42,5	11,5	20,9	24,0	35,9
L	30,1	46,6	50,9	52,3	9,1	20,8	30,4	36,5	9,1	22,4	27,5	31,8
M	26,5	47,6	56,4	61,3	5,8	16,6	25,0	31,3	6,4	16,8	24,6	30,1
N	36,9	58,5	67,0	66,3	10,4	25,8	32,5	36,5	9,0	21,3	26,1	30,8
P	34,6	61,1	58,6	64,0	11,8	29,6	38,9	43,5	12,0	23,5	30,0	33,3
Q	36,1	72,5	78,9	67,3	12,5	28,1	36,6	37,0	11,6	25,1	30,5	34,0
R	—	53,8	61,9	—	—	21,7	29,2	—	—	—	—	—

Rノ分ハ大正三年六月調

第四十一表

會社 名稱	純「セメント」			1:3 膠泥(東京砂)			1:3 膠泥(獨逸砂)		
	1週	4週	3ヶ月	1週	4週	3ヶ月	1週	4週	3ヶ月
A	453,5	565,5	698,0	159,8	206,5	263,0	234,5	285,5	354,5
B	444,2	574,0	684,0	153,0	191,0	255,5	218,5	271,5	337,5
C	201,0	279,0	409,2	71,5	96,0	143,5	102,8	139,3	188,5
D	366,8	481,2	607,6	106,6	146,6	202,0	162,3	214,5	266,8
E	341,5	449,8	589,0	114,8	152,3	207,0	158,3	208,8	298,0
F	460,5	590,5	756,0	133,5	188,5	233,5	189,3	279,0	333,8
G	272,5	377,0	534,0	75,8	105,0	152,8	105,5	150,8	215,5
H	325,0	517,5	656,5	109,8	180,5	243,0	166,3	260,5	332,5
H'	607,5	857,0	978,7	142,0	211,5	275,5	195,3	310,5	394,5
K	442,0	582,5	675,0	141,0	189,5	238,0	178,5	254,5	316,0
L	437,0	543,5	663,5	166,8	205,8	250,0	230,5	295,5	343,0
M	375,5	540,0	715,3	103,3	141,5	184,0	169,3	227,5	304,5
N	489,0	555,0	732,5	128,5	178,5	235,8	198,0	290,0	346,5
P	527,0	705,0	852,0	200,5	277,0	333,0	278,8	376,0	444,0
Q	609,0	870,5	969,0	146,3	226,0	296,0	229,5	333,8	341,0
R	—	—	—	137,3	213,4	—	—	—	—

Rノ分ハ大正三年六月調

國ニアリテハ1週間後ノ純「セメント」ノ應張強ハ20kg, 4週間後ハ25kg, 膠泥ハ1週間後5kg, 4週間後8kg以上トシ佛國ニテハ純膠灰ハ1週間後ノ應張強20kg, 4週間後ニアリテハ35kg, 12週間後ニアリテハ45kg, 膠泥ハ1週間後8kg, 4週間後15kg以上トシ澳匈國ニアリテハ急硬「セメント」ノ1週間後ノ應張強ハ8kg, 4週間後ハ12kg, 其應壓強ハ120kg以上トシ緩硬「セメント」ニアリテハ1週間後ノ應張強ハ10kg, 4週間後ハ15kg, 應壓強ハ150kg以上トシ瑞西ニ

アリテハ急硬「セメント」膠泥ノ4週間後ノ應張強ハ14kg, 應壓強ハ130kg, 緩硬「セメント」膠泥ハ4週間後16kg, 應壓強160kg以上トセリ。

本邦ニ於ケル强度ノ標準ハ農商務省告示第五條ニ明示セルガ如ク應張強ハ7日間固結ノ後ニ於テ 8kg/cm^2 ($114\#/in^2$), 28日後ニ於テ 16kg ($228\#/in^2$) 以上タルベク應壓強ハ28日後ニ於テ 120kg/cm^2 ($1707\#/in^2$) 以上タルベシトセリ大正二年五月ノ實驗ニ係ル本邦各會社「セメント」ニ對スル應張強及應壓強ノ成績第四十表及第四十一表ニ示セルガ如シ(社名ハ殊更ニ之ヲ記載セズ)。

第十三節 膠泥ノ凝結力及附着力。

凝結力 (Cohesive strength) トハ膠泥ガ自身ニ凝結スル強度ニシテ附着力 (Adhesive strength) トハ他ノ材料ニ附着スル強度ヲ云フ。『カンドロー』氏 (Candlot) ガ佛國材料試驗委員會ニ呈出シタル實驗報告ニ據レバ「ポートランドセメント」膠泥ガ標準的附着材料(假令ハ石灰石ノ如キ)ニ附着スペキ力ハ同種「セメント」ノ供試體ニアリテハ其結果可ナリニ整調ナルモ「セメント」ノ種類ヲ異ニセルモノ、比較ハ甚ダ不同ナリ從ツテ配合ノ比ヲ異ニセル膠泥ノ附着力間ニハ一定ノ關係ヲ見出スコト能ハズトセリ。

第四十二表ハ膠泥ノ凝結力ト附着力ヲ示ス一例ナリ之ニ依ルニ六ヶ月後ニ於テ最大ノ附着力ヲ有スル膠泥ハ1:0.5ノ配合ナルモ凝結力ハ却ツテ1:1ノ配合ヲ有スルモノ強キコトヲ示シ更ニ第四十三表ハ凝結力及附着力ニ關スル膠泥練上ノ比較的影響ヲ示ス之ニ依ルニ附着力ニ於ケル最良ノ結果ハ凝結力ニ於テ最強度ヲ有スルモノヨリモ寧ロ著シク軟練トセルモノニアルコトヲ知ル可シ。

第四十二表

砂ノ量ヲ異ニスル膠泥ノ附着力						
供試片 ノ材齡	凝結力或 ハ附着力	重量ニテ砂ノ各割合ヲ異ニスル膠 泥ノ凝結力或ハ附着力度 (#/□")				
		無砂	1/2 砂	1 砂	2 砂	
28日	凝結力	686	710	747	467	
"	附着力	270	233	221	169	
6ヶ月	凝結力	631	787	816	551	
"	附着力	335	346	287	209	

第四十三表

練方ヲ異ニスル膠泥ノ附着力						
供試片 ノ材齡	凝結力或 ハ附着力	練方ヲ異ニスル膠泥ノ凝結力或ハ附着力度				
		硬練	中練	軟練	過度軟練	
28日	凝結力	541	502	443	372	
"	附着力	148	160	145	136	
6ヶ月	凝結力	697	660	616	539	
"	附着力	191	209	228	192	

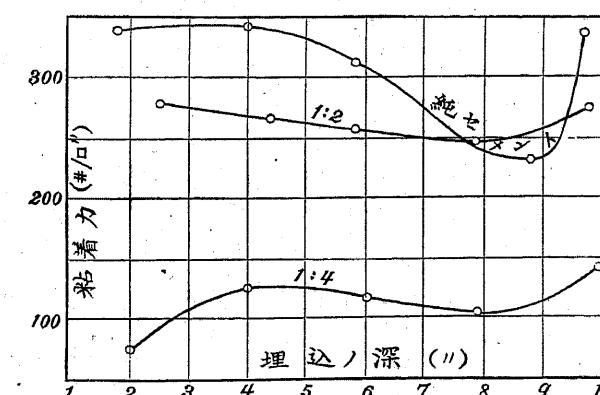
セメント膠泥ガ鐵鋸ニ對スル附着力若クハ膠泥中ニ埋込マレタル控繫鋸ニ對スル附着力ガ其鋸ノ種類ニ依リ夫々異ナルベキ結果ハ第四十四表ニ示スガ如シ此ノ實驗ハ膠灰1ニ對スル石灰石粉2ノ膠泥ヲ使用シタルモノニ係ル其結果ニ依ルニ附着力ハ凡ソ其接觸面積ノミニ比例スルガ如ク其形狀及寸法ノ如何ニ依リ著シキ差違ヲ呈スルコトナキガ如シ假令バ1"平方ノ平鋸ト扭鋸トヲ比較スルニ後者ハ前者ニ優ルコト僅カニ8%内外ナルニ見テモ其事實ヲ證明スルコトヲ得ベシ。

第四十四表

膠泥内ニ埋込ミタル鐵鋸ニ對スル附着力					
供試片 ノ數	鐵鋸ノ種類	鐵鋸ノ周 圍長 ("")	埋込ノ 深サ ("")	附着力 (#)	
				埋込長サ 一時ニ付	接觸面一 平方時ニ付
3	丸鐵直徑 1/2"	1,57	8乃至10"	700	447
3	" 1"	3,14	"	1750	556
3	" 1 1/4"	3,93	"	2060	524
3	角 鐵 1/2"	2,00	"	1085	543
4	" 1"	4,00	"	2250	562
3	" 1 1/4"	5,00	"	2170	434
3	1" 角扭鐵長サ 8" 二付一同轉.	4,8	9±	2595	608
3	1" 角扭鐵長サ 8" 二付二同轉.	4,3	9±	2215	516
3	1" 角扭鐵長サ 8" 二付三同轉.	4,3	9-9,5	2405	561

次ニ石材中ニ挿入セル控繫鋸(Anchoring bolt)ニ對スル膠泥ノ附着力ハ第五十五圖ニ於テ「ホキーラー氏(Wheeler)」ノ實驗ヲ以テ之ヲ示ス此實驗ハ4週間後ノ強度ヲ示スモノナレドモ3ヶ月乃至6ヶ月後ノ強度ハ恐

第五十五圖



ラクヘ殆ンド此倍數ニ達スベシ從ツテ
1:2ノ如キ優良ナル割合ヲ有スル膠泥ノ鐵鋸ニ於ケル許容附着力度ハ100#/□"ト取ルモ實際ニ於テ差支ナカルベシ。

故ニ控繫錐ニ對シ 20000‰ ノ許容強度ヲ與ヘシメントセバ錐ノ斷面ノ約20倍ニ等シキ接觸面ヲ與フル程度ニ深ク之ヲ埋込マシムレバ可ナルベク充分ナル安全ヲ要スル場合ニハ直徑ノ30倍乃至40倍トナスコト必要ナリ。

第十四節 氷結ニ對スル膠泥ノ强度

氷結時期ニ於ケル膠泥若クハ混泥土ノ屢々崩壊スルコトアルハ水ノ膨脹力ニ歸因スルモノナリ即チ膠泥中ニ於ケル水ガ硬化ノ進行ニ伴ヒ結晶ニ必要ナル化合ヲ爲ス以前ニ於テ氷結ヲ初ムルトキハ其膠泥ハ再ビ水ノ溶解スル迄ハ硬化ノ働キヲ續クルコト能ハズ或ハ一部硬化ヲ始ムルカ若クハ硬化ヲ終リタル場合ト雖モ猶此處ニ殘存セル水若クハ有孔質ノ膠泥ナルトキハ外部ヨリ滲入スル水ノ氷結スル場合ニハ其當時ニ於ケル膠泥ノ凝結力ヨリモ水ノ膨脹力ノ方大ナルトキハ膠泥分子間ノ連鎖ハ切斷セラレ水ノ溶解ニ連レ各分子ハ互ニ相崩壊スルニ至ルベシ。

斯クノ如キ時期ニ於ケル保護法ハ膠泥ニ必要ナル最少量ノ水ヲ使用シテ其硬化ヲ了スル迄被覆ヲ充分ナラシムルカ普通ノ溫度ノ場合ヨリモ豊富ナル膠灰ノ量ヲ添和スルカ材料ヲ温ムルカ混和スペキ水ニ食鹽「グリセリン」或ハ「アルコール」等ヲ加フルニアルコト既ニ第九章第二節ニ論述セルガ如シ。

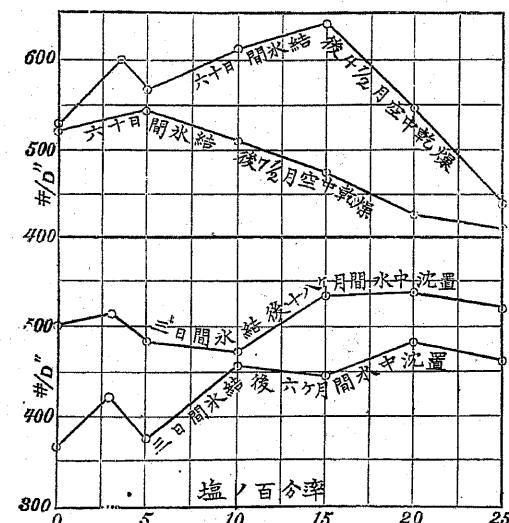
「テトマイヤー氏 (Tetmajer)」ノ實驗ニ依レバ華氏 32° (冰點)以下 0° ニ至ル迄ノ各溫度ニ對スル氷結ヲ防止スルニ要スル鹽「アルコール」及「グリセリン」ノ量ハ第五十六圖ニ示セルガ如ク鹽ヲ加フルコト最モ有效ニシテ最モ廉價ナルベク溫度 22° 以下ニ落チザル場合ニハ水ノ重量ノ 10% ニ相當スル鹽ヲ加フルバ可ナリ去レド實際

ニ於テハ猶其量ヲ減ズルモ可ナルベシ何トナレバ化學的硬化ノ作用ニ伴ヒ茲ニ著シキ熱ヲ發生スペキノ理ナレバナリ。

〔サビン氏

(Sabin)」ノ說ニ據レバ一般ニ 15% 以上ノ食鹽ヲ加フルハ寧ロ有害ニシテ又餘リニ少量ヲ加フルバ殆ンド其效力ヲ認メズ若シ低溫度ニ於テ膠泥ヲ作り之ヲ氷結セル冷水中ニ置ク場合ニハ 15% 乃至

第五十七圖



20% ノ食鹽ヲ加フルハ有效ナルモ單ニ空氣中ニ曝露セシムル場合ニアリテハ 5% 以上ハ有害ナリト云フ。

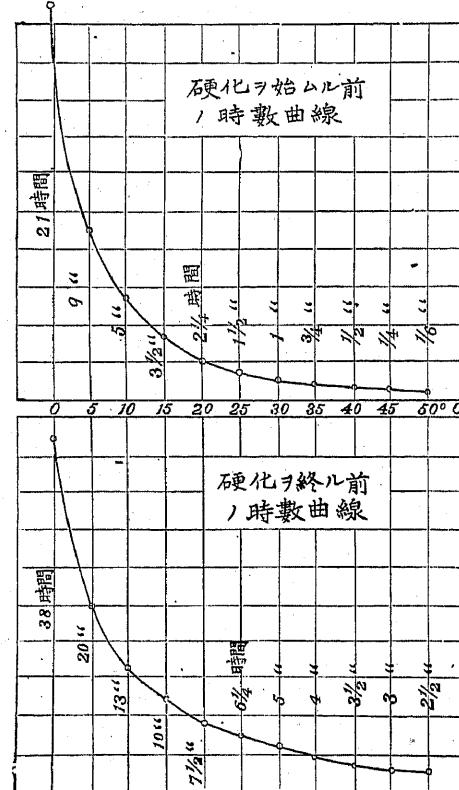
「ホキーラー氏 (Wheeler)」ノ實驗ハ第五十七圖ニ示セルガ如ク寒天ニ於テ食鹽ノ配合ヲ異ニセル $1:2$ ノ膠泥ニ就キテ施シタルモノニシテ上半圖ハ華氏 8° ノ室內ニテ供試體ヲ作り半時間内ニ氷結セシメ六十日間氷結セル儘保存セシタル後之ヲ空氣中に換置シタルモノ、應張強ヲ示シ後半ハ同一ノ膠泥ヲ華氏 21° ノ空氣

中ニ置ケシメ六月間氷結セル儘保存セシタル後之ヲ空氣中に換置シタルモノ、應張強ヲ示シ後半ハ同一ノ膠泥ヲ華氏 21° ノ空氣

中ニテ作リ三日間水結セシメ更ニ之ヲ水中ニ浸漬シタルモノ、強度ヲ示ス前者ハ食鹽ノ5乃至10%以上ハ其强度ヲ弱メ後者ハ20%迄ハ其强度ヲ増加セルヲ見ルベシ。

膠灰ハ高溫度ニ於ケルヨリモ低溫度ニ於テハ甚シク緩漫ナル硬化ヲ爲スペシ第五十八圖ハ「テトマイヤー」氏(Tetmajer)ノ實驗ニ係ル結果ニシテ假令バ攝氏35°ノ溫度ニ於テ4時間後ニ凝結ヲ終ルモノハ同ジク5°ニ於テ20時間ヲ要シ0°ニアリテハ38時間ヲ要スペシ故ニ硬化ニ要スル時間ヲ豫定スル場合ニハ此等溫度ノ影響ニ注意セザル可ラズ。

第五十八圖



低溫度ニ於テ膠泥ヲ練ル場合ニハ其水結作用ヲ緩和スル爲メ材料ヲ溫メテ使用スルコトハ其强度ノ上ニ如何ナル關係ヲ有スペキヤト云フニ材料ヲ冷溫何レノ有様ニ於テ使用スルモ其結果ニ於テ殆ンド何等强度ノ差違ヲ認メズ然レドモ溫メタル材料ヲ使用スルトキハ膠泥ガ水結スル以前充分ナル搗固ヲ爲シ得ルノ便宜アルヲ以テ容易ニ出來得ベキ場合ニハ本邦ノ如キ割合ニ冰點以下ノ溫度ニ達スルコト少ナキ處ニアリテハ鹽其他ノ材料

ヲ加フルヨリモ豫メ材料ヲ暖ムル方寧口廉價ニシテ有效ナルコトアルベシ。

水結ニ歸スル膠泥ノ崩壊ハ練合ニ用キタル水ノ膨脹ニ源因スルヲ以テ軟練トセルモノハ最モ其損害ヲ受ケ易キノ理ナリ故ニ空氣中ニ於テ硬化スペキ膠泥ニアリテハ出來得ベクンバ冬期中ハ堅練ヲ使用スルノ著シク優レルニ如カザルヲ知ルベシ。

砂粒ノ大小ガ水結ニ及ボス影響ハ粗粒ガ强度ニ於テ優レント同ジク寒候ニ於ケル膠泥ニハ粗粒ヲ用フル方有效ナルガ如シ去レド空氣中ニ曝露スペキ淡水練ノ膠泥ニアリテハ細粒ノ砂ヲ使用スルモ割合ニ其結果良好ナリト云フ。

第十五節 淡水及海水浸漬竝ニ空中放置ト强度トノ關係

膠泥ヲ淡水ニテ練成シ之ヲ淡水中ニ浸漬シタルモノ海水ニテ練成シ之ヲ海水中ニ浸漬シタルモノ及淡水ニテ練成シ之ヲ空中

第四十五表

水質	水量 %			應張強度 (kg/cm^2)								
	純膠灰	東京砂	獨選砂	純 膠 灰			1:3 膠泥(東京砂)			1:3 膠泥(獨選標準砂)		
				一週	四週	三ヶ月	一週	四週	三ヶ月	一週	四週	三ヶ月
淡水	16,00	7,8	7,1	39,9	47,3	47,9	19,2	24,1	28,6	18,7	23,3	28,7
海水	15,96	7,7	7,0	50,0	57,1	64,1	18,4	22,3	24,9	17,8	21,3	26,9
應壓強度												
淡水	17,6	7,8	7,3	408,7	543,5	637,2	106,2	145,3	181,0	159,3	215,0	262,6
海水	17,3	7,7	7,0	409,2	503,2	560,6	104,2	132,6	160,0	162,9	201,3	238,2

ニ放置シタルモノノ三ツノ場合ニ於ケル强度ノ關係ニ關シテハ未ダ明確ナル解決アルヲ聞カズ小野田「セメント」會社ニ於テ明治三十七年五月ヨリ大正三年二月ニ涉ル長期間ニ施行シタル實驗ノ結果ハ頗ル参考ニ值スベキモノアリ今其總平均ノ成績ヲ示セバ第四十五表ノ如シ。

以上ノ成績ニ依リテ之ヲ見ルニ應張強ニアリテハ純膠灰ハ淡水ヨリモ海水浸漬ノ方常ニ耐力強ク膠泥ハ之ニ反ス應壓強ニアリテハ純膠灰ハ海水ヨリモ淡水浸漬ノ方稍強ク膠泥モ亦淡水浸漬ノ方耐力強シ但シ一週間に於ケル成績ハ海水浸漬ノ方稍強キガ如キモ材齡ト共ニ淡水浸漬ノ方著シク其强度ヲ增加スルヲ見ルベシ。

猶明治三十九年同社ニ於テ淡水及海水浸漬ト空中放置トノ三者ニ就キ比較實驗ヲ施シタル結果第四十六表ノ如シ。

第四十六表

淡水及海水浸漬ト空中放置トニ於ケル膠泥耐力ノ關係												
混合比	水質	水量 %	應張強度 (kg/cm^2)									
			一週	四週	三ヶ月	六ヶ月	一ヶ年	一ヶ年半	二ヶ年	二ヶ年半	三ヶ年	
純膠灰	淡	16,0	23,6	45,3	49,1	49,9	52,5	49,9	60,1	55,1	50,2	
	海	16,0	46,0	46,8	48,5	50,0	56,8	50,8	51,8	51,8	48,7	
	空	16,0	25,4	43,0	42,1	43,6	43,5	59,3	43,0	64,6	48,0	
1:8 膠泥 (小野田 砂使用)	淡	9,0	6,6	12,3	17,1	20,5	22,9	22,8	23,9	32,6	24,6	
	海	9,0	11,1	14,1	14,4	20,8	19,2	22,2	22,9	22,8	26,5	
	空	9,0	9,0	20,6	22,8	35,5	42,7	48,8	58,0	56,5	48,5	

以上ノ成績ニ據リテ之ヲ見ルニ純膠灰ハ淡水ヨリモ海水浸漬

ノ方耐力強キコト前ト同ジク一ヶ年半後ニ至リテ漸次其反對ノ結果ヲ呈スベシ本表ノ範圍ノミニテハ未ダ充分ニ明カナラザレドモ一般ノ經驗ニ依レバ二年以上ノ長期ニ涉リテハ海水浸漬純膠灰ノ耐力ハ減退スルヲ普通トシ礫土ニ富ムモノハ特ニ此傾向顯著ニシテ減退ヲ始ムル時期早ク硅酸ニ富ムモノハ此ニ反スト云フ而シテ空中ニ放置セルモノハ概シテ其强度前者ニ劣ルガ如シ。淡水ニテ練成シ空中ニ放置セル純膠灰ハ一般ニ其强度他ノ二者ニ劣ルガ如ク膠泥ニアリテハ海中浸漬ノモノハ淡水浸漬ノモノニ比シテ一般ニ弱キコト前ト異ナラザルモ空中ニ放置セルモノハ普通其强度著シク他ノ二者ヲ凌駕スルハ殊ニ注意スペキノ現象ナリトス。

第十六節 膠泥ノ練直シト强度トノ關係。

技術者ハ屢々膠泥若クハ混擬土ヲ練合シタル後ハ半時間乃至一時間以内ニ於テ直チニ其全部ヲ使用シ終ルベキコトヲ仕様書中ニ明示シ嚴重ニ之ヲ勵行セル者尠カラズ然ルニ佛國「アレキサンドル」氏(Alexandre), 「カンドロー」氏(Candlot), 英國「フェージャ」氏(Faija), 米國「ホワード」氏(Howard), 「リチャードソン」氏(Richardson)等ノ諸大家ハ何レモ其實驗ノ結果ニ依リテ均シク其理由ナキコトヲ結論シ「ポートランドセメント」膠泥或ハ混擬土ノ應張強若クハ應壓強ハ混擬ノ後二時間ヲ經ルモ低減スル恐レナキコト, 數回練返ヲ爲スコトハ却ツテ極強ヲ增加スルコト, 練返ハ「セメント」ヲシテ其硬化ヲ遲延セシムル等ノ事實ヲ擧グ前記ノ如キ仕様ヲ勵行スルハ少クトモ「ポートランドセメント」ニ對シテハ無益ノ業タルベキヲ唱道セリ。

「ホワード」氏 (Howard) ハ純セメントノ硬化後長キ時間(最モ長キハ 102 時間)ヲ経過シタルモノニ就キ實驗シタルニ一ヶ月後ニアリテハ練合シタル後直チニ使用シタルモノ、4 時間後ノモノ時トシテハ 8 時間後ノモノモ其強度ニ於テハ殊ニ著シキ差違ヲ認メザリシト云ヘリ。

「カンドロー」氏 (Candlot) ハ硬化終了後ノ膠泥ヲ試驗シタルガ如斯膠泥ヲ更ニ練返シテ型詰トシタルモノハ普通ノ膠泥ニ比シテ著シク其硬化緩漫ナルガ如ク假令ハ原來ハ 10 分間及三時間ニテ硬化スペキモノモ再ビ之ヲ練返ストキハ何レモ更ニ 8 乃至 10 時間ヲ經テ硬化セシノ事實ヲ認ムト云フ。

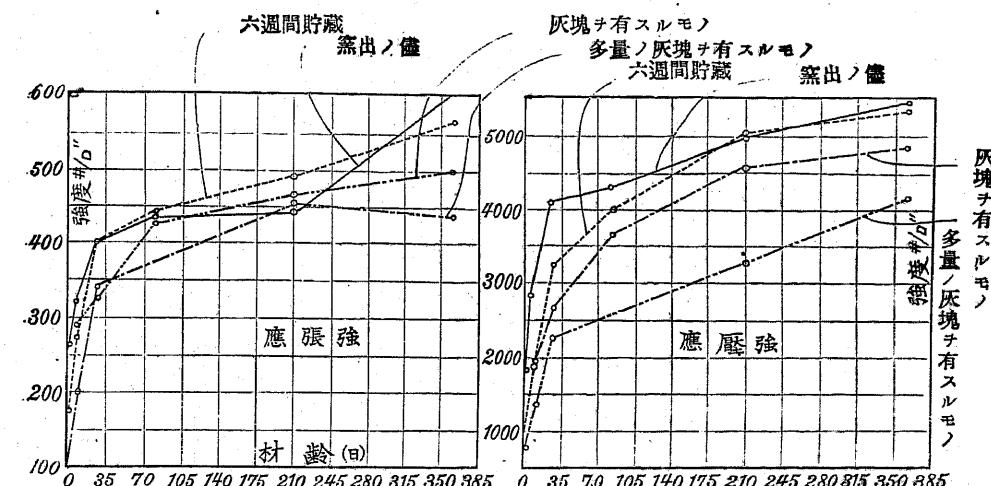
「カンドロー」氏ハ其粘着力ニ關スル實驗ニ於テハ一旦練合シタル後長時間ヲ經タルモノヲ更ニ練返シタルモノハ假令其應張強若クハ應壓強ニ於テ普通ノ膠泥ト異ナラザル結果ヲ現ハスベキモ粘着力ニ至リテハ著シク其強度ヲ減退セシムベク場合ニ依リテハ 50% ノ減率ヲ示セシコトアリトセリ。

實際ニ於テ練返ノ膠泥若クハ混擬土ヲ使用スルヲ必要トスル程度ニ一時ニ多量ノ練合ヲ要スルトキハ可成實地ニ就キテ其實驗ヲ施シ練返ノ效力如何ヲ検定スルヲ必要ナルベシ但シ海水ヲ使用スル場合ハ練返ハ其結果良好ナラズ又急硬「セメント」ニアリテモ練返シハ均シク有害ナリトノ說多シ。

第十七節 「セメント」ノ貯藏時期ト強度トノ關係。

長ク膠灰ヲ貯藏スル時ハ多少其強度ヲ減退セシムベシ去レド其損害ハ普通想像スルガ如ク大ナルモノニアラズ第五十九圖ニ示セルガ如ク「テットマイヤー」氏 (Tetmajer) ハ 1:3 ノ標準膠泥ニ就キ

第五十九圖



テ窯出ノ儘ヨリ多少ノ濕氣ヲ受ケテ甚ダシキ灰塊ヲ呈セルモノニ至ル迄ノ各種狀態ニ於ケル應張強及應壓強ヲ試驗セリ是ニ據ルニ甚ダシキ灰塊ヲ有スルモノハ窯出ノモノニ比シテ稍々其成績ノ劣レルハ事實ナルモ其他ハ總テヲ通シテ非常ニ著シキ差違ヲ生ゼザルヲ見ル可シ。

猶廣井博士ノ東京帝國大學工科大學紀要第六冊第一號ニ報告セラレタル實驗成績中「セメント」ノ風化實驗ニ關スル結論ニ曰ク膠灰ノ貯藏ハ須ラク樽詰ノ儘トシ若シ使用前風化セシムル必要アルトキハ短時日間ニ之ヲ行フベク其久シキニ彌ルトキハ品質ノ改良若クハ容積ノ増加ニ於テ多少得ル所アルモ凝結力ノ減退ニ依リテ其效率ヲ沒却スベシ云々

第十一章 混凝土ノ强度

第一節 總 説

混凝土ノ强度ハ膠泥ノ性質混凝土ノ種類大小及其强度混凝土ノ單位容積中ニ於ケル膠灰ノ量材料混合ノ程度及密度時日ノ経過(材齡)等ニ從ヒテ其結果ニ著シキ差違ヲ呈スペク猶或程度迄ハ混合ニ使用スル水量,撓固ノ程度及硬化時ニ於ケル大氣ノ乾濕等ニ依リテ多少其影響ヲ受クベシ。

以上項目ノ内膠灰ノ分量及混凝土ノ密度ハ其材料ノ配合ヲ定ムルニ於テ特ニ必要ナルヲ以テ一層明カニ之ヲ云ヒ顯ハストキハ
1) 同一混凝土ヲ使用スル場合ニハ其一定容積内ニ於ケル膠灰ノ最大量ヲ含有スル混凝土最モ強ク其强度ハ略ボ此膠灰ノ分量ト正比例ヲ爲スベシ
2) 胶灰ノ分量同一ナルモ混凝土ノ配置ヲ異ニスル場合ニハ其混凝土ガ最大密度ノ混凝土ヲ與フル様比例的ニ配置セラルモノ換言セバ最少容積ヲ有スルモノ强度最モ大ナリ而シテ多クノ場合ニハ比較的密度ハ殆ンド其比較的重量ニ正比例ヲ爲スベシ。

鐵筋混凝土ノ設計ニ最モ必要ノ要素ナル混凝土ノ應壓纖維力(Compressive fibre strength)ハ直接壓縮(Direct compression)ニ對スル混凝土ノ强度ニ比例ス本章論ズル處ノ强度ハ應壓力及彈性係數ニ關スルモノヲ主トシ應張力ノ問題ニ及ボセルモノ尠ナシ是レ混凝土ハ張力ヲ受クル箇所ニ使用スルコト殆ンド絶無ナルベケレバナリ更ニ鐵筋混凝土ニ關スル强度ハ之ヲ第六編ニ詳論スベキヲ

以テ本章ニ於テハ凡テ之ヲ省略セリ。

第二節 混凝土ノ應張力

混凝土ノ應張强度ハ或程度マデ配合ノ貧富供試體ノ材齡ト共ニ變化スルハ事實ナルベキモ從來ノ實驗ニアリテハ是等要素ノ强度ニ於ケル相互關係ニ就キテ確實ナル結果ヲ得タルモノ尠ク亦其極強ヨリ低下セル點ニ於ケル一定ノ彈性限度ヲ定ムルコト能ハザルヲ遺憾トス千九百四年タルボット教授(Prof. Talbot)ノ「イリノイス大學紀要ニ報告セル 1:3:6 ノ混凝土ニ於ケル應張極強ハ第四十七表ノ如シ此等供試體ノ應力變形(Deformation)ハ切斷ノ當時ニ於テ其長サノ 0,00005 乃至 0,00006 ナリシト云フ。」

「ハット教授(Prof. Hatt)ノ實驗ニ依レバ 1:2:4 ノ混凝土ニ就キ 4

第四十七表

混凝土ノ應張强度		
配合	材齡 (日 數)	應張極強 (%)
1:3:6	50	178
"	60	160
"	84	170

第四十八表

混凝土ノ應張强度			
配合	材齡 (日 數)	應張極強 (%)	摘要
1:2:5	90	359	碎石混凝土
"	28	237	"
"	90	290	砂利混凝土
"	28	253	"

週間後ニ於ケル强度ハ 300%
ニシテ 1:2:5 ノ混凝土ニ關シテハ第四十八表ノ結果ヲ得タリ。

「ウールソン教授(Prof. Woolson)ガ 1:2:4 ノ石灰石混凝土ニ就キ施タル實驗ハ軟練トシ型内ニ 1 日乃至 3 日間水中ニ 6 日乃至 7 日間空氣中ニ 17 日乃至 26 日間放置セシメタル供試體ノ平均强度ハ 228%
ナリキ。

千九百五年「バッハ教授 (Prof. Bach)」ノ施シタル實驗ハ其斷面 $18cm \times 18cm$ ニシテ $74cm$ ノ長サヲ有シ配合比 $1:4$ (砂及砂利)ニシテ 15% ノ水ヲ加ヘタルモノ、 $3\frac{1}{2}$ ケ月後ニ於ケル平均應張極強ハ $11.8 kg/cm^2$ ($160.7\%/\sigma$) ナリキ、更ニ同教授ガ「ワイス」及「フライタ」ハ會社ノ爲メニ施シタル實驗ハ $1:3$ 及 $1:4$ ノ混疑土ニシテ其結果第四十九表ノ如シ。

第四十九表

混疑土ノ應張強度				
配合	水量	斷面 (cm)	材齡	應張極強 (kg/cm^2)
$1:3$	8%	18×18	3ヶ月	$12.6 (179\%/\sigma)$
$1:3$	14%	"	"	$10.5 (149\%/\sigma)$
$1:3$	14%	"	2年	$15.8 (225\%/\sigma)$
$1:4$	8%	"	3ヶ月	$9.2 (131\%/\sigma)$
$1:4$	14%	"	"	$8.8 (125\%/\sigma)$

此實驗ニ依リテ注意スペキハ水量多キモノハ强度弱ク材齡ニ伴フ强度ノ促進ハ應壓力ノ如ク著シカラザルコト是レナリ。

「クラインローグル」氏 (Kleinlogel) ハ $20cm$ 平方ノ斷面ニシテ $1[\text{メートル}]$ ノ長サヲ有スル供試體ニ就キテ實驗ヲ爲セシガ其配合 $1:1:2$, 水量 8%, 材齡 $6\frac{1}{2}$ ケ月ニ於ケル强度ノ平均 $20.2 kg/cm^2$ ($287\%/\sigma$) ナリキ。

要スルニ混疑土ノ應張强度ハ其實驗ノ數ニ乏シク要件ニ缺クル所アルヲ以テ確然タル結果ヲ得ルコ難シト雖モ一般ニ云ヘバ $1:2:4$ ノ配合ヲ有スル混疑土ノ應張極強ハ 1 ケ月後ニ於テ $200\%/\sigma$, 3 ケ月後ニ於テ $300\%/\sigma$ 内外, $1:2:5$ 乃至 $1:3:6$ ノ配合ニアリ

テハ 1 ケ月後ニ於テ $150\%/\sigma$, 3 ケ月後ニ於テ $200\%/\sigma$ 内外ト假定シテ大差ナカルベシ而シテ若シ混疑土ノ應張力ヲ應用セントスル場合ニハ安全率ハ普通 5 乃至 6 トシ其許容應張力ハ配合ノ程度, 材齡ノ如何等ニ從ツテ $30\%/\sigma$ 乃至 $60\%/\sigma$ 以内ト想定スルコトヲ得ベシ。

第三節 混疑土ノ應壓力.

混疑土ノ應壓强度ハ其配合ノ比, 混凝料ノ性質, 掘固ノ程度, 材齡, 溫度ノ關係等ニ依リ實驗ノ結果ニ大ナル差違ヲ生ジ又供試體ノ形狀寸法ハ其强度ニ影響ヲ及ボスノ假令ベ供試體ノ斷面大トナレバ其單位應壓強ハ減少スペク, 供試體底邊ノ徑ニ對スル高サノ比小ナルトキハ强度大トナルベク, 高サガ徑ノ數倍ナルトキハ其破壊ハ或ル傾斜面ニ沿ヘル應剪力不足ノ爲メ起ルヲ以テ其破壊荷重ヲ斷面ニテ除シタルモノハ小ナル值トナリテ顯ハル、ガ如キ是ナリ一般ニハ混疑土ハ之ヲ立方體ノ供試體ニ製作シ其應壓強ヲ検定ス此場合ノ强度ヲ名ケテ立方體强度 (Cubic strength) ト云ヒ普通鐵筋混疑土用應壓力トシテ指定セラル、モノナリ何トナレバ鐵筋混疑土ハ一般ニ適當ナル補強鐵筋ニ依リテ傾斜剪力ノ起ルヲ妨止スル様配置セラル、ヲ以テナリ。

一般ニ云ヘバ混疑土ノ强度ハ膠泥ノ强度ニ從ヒ前者ハ後者ヨリモ其强度稍小ナリ「バッハ教授」ノ實驗ニ依レバ配合比 $1:2\frac{1}{2}:5$ ノ混疑土中ヨリ採取セル膠泥ノ 4 週間後ニ於ケル强度ハ $294 kg/cm^2$ ($4182\%/\sigma$), 100 日後ノ强度ハ $332 kg/cm^2$ ($4722\%/\sigma$) ナルニ配合比 $1:2\frac{1}{2}:5$ ヲ有スル混疑土ノ地濕程度ニ於ケルモノハ 4 週間後ニ於テ $225 kg/cm^2$ ($3200\%/\sigma$), 100 日後ニ於テ $321 kg/cm^2$ ($4566\%/\sigma$) ニシテ $1:4:8$ 混凝

土ヨリ採取セル膠泥ハ4週間後ニ於テ $280\text{kg}/\text{cm}^2(3982\#/in^2)$, 100日後ノモノハ $258\text{kg}/\text{cm}^2(3670\#/in^2)$ ナルニ配合比1:4:8ノ混疑土ハ4週間後ニ於テ $230\text{kg}/\text{cm}^2(3271\#/in^2)$, 100日後ニ於テ $254\text{kg}/\text{cm}^2(3513\#/in^2)$ ナリキ。

混疑土ノ應壓極強ハ混合ニ於ケル膠灰ノ比減少スルニ從ヒ殆ンド等調的ニ亦減少スルコト以下各表ニ於ケル結果ヲ參照セバ之ヲ了知スルコトヲ得ベシ。

混疑料ノ種類及其粒ノ大小ガ混疑土ノ應壓強ニ與フル影響ニ關シテハ未ダ劃然タル判定ヲ與フルニ足ルベキ實驗ノ發表セラレタルモノアルヲ聞カズ千八百九十八年米國「ウォーターハウン」造兵

第五十表

混疑土ノ應壓強ニ於ケル石粒寸法ノ影響					
混疑料ノ寸 法及種類	凡ソ一ヶ月後 ニ於ケル混疑 土ノ一立方呎 ノ重量	應壓強度#/in ²			
		7-8日	19-23日	29-34日	61-76日
脈岩	$\frac{1}{2}$ "	148.6	1391	2220	2800
"	$\frac{3}{4}$ "	148.5	1900	2769	3200
"	1"	159.8	3390	4251	4917
"	$1\frac{1}{2}$ "	159.2	3189	4006	4562
"	$2\frac{1}{2}$ "	160.2	2400	4143	4140
"	$\frac{1}{2}"-1,2\frac{1}{2}"-2$	158.4	2800	3786	4349
"	$\frac{1}{2}"-1,1"-1,2\frac{1}{2}"-1$	159.8	2800	4156	4800
平均	—	—	2553	3619	4110
礫	$\frac{3}{8}$ "	148.2	1298	2600	2992
"	$1\frac{1}{2}$ "	151.0	2276	3186	3817
"	$\frac{3}{8}"-1,1\frac{1}{2}"-2$	150.3	1994	3023	3800
"	$\frac{1}{8}"-1,\frac{3}{8}"-1,1\frac{1}{2}"-1$	147.8	1486	2676	3000
平均	—	—	1764	2871	3402

廠(Watertown Arsenal)ニテ試驗シタル結果ハ第五十表ノ如シ此實驗ハ1:1:3ノ配合ヲ有シ脈岩(Trap)及礫(Pebble)ノ二種混疑料ヲ取リ粒ノ寸法ヲ異ニセル一呎立方供試體ノ數種ニ就キテ施行シタルモノナルガ其結果稍々不整ナルヲ以テ如何ナル粒ノ寸法ガ最も良好ナルベキカニ關シテハ猶ホ疑點アリト雖モ1"直徑ノ脈岩及大小粒混合ノモノハ等調的ニ好結果ヲ得タルガ如ク又脈岩ハ礫ニ比シテ稍々其高位ヲ示セルヲ見ル。

混捏ノ時間ガ混疑土ノ強度ニ及ボス影響ハ大要第四章第一節ニ於テ「コールマン氏」ノ1:3膠泥ニ就キ施シタル結果ト同様時間長キ程其強度ノ大ナルコトヲ察知シ得ベシ。

手練ト機械練トガ混疑土ノ應壓強ニ及ボス影響ハ千九百四年米國「ダルース」市(Duluth)ニ於テ同國政府陸軍技師ノ實驗シタル結果ニ依ルニ機械ハ「キューブ」式混捏機ヲ用キタルモノニシテ7日後ニ於ケル手練ノ強度ハ機械練ニ比シテ53%, 28日後ニ於テ77%, 6ヶ月後ニ於テ84%, 一ヶ月後ニ於テ88%ナリシト云フ如斯一般ニ等調ナル結果ハ手練ニ比シテ機械練ノ方優レルモノナルヲ示スニ足ルベシ。

混捏ニ使用スル水量ガ混疑土ノ強度ニ及ボス影響ニ關シテハ混疑土ヲ地濕水濕何レノ程度トナスベキカノ問題ヲ決スルニアリ茲ニ所謂地濕(Earth moist)トハ天然地盤ノ濕度ニアルモノヲ云ヒ水濕(Wet)トハ必要ナル水量以上ニ約50%ヲ增加セルモノニシテ厚層ニ詰込ミ搗固ノ程度ヲ減ゼシムモノヲ云フ此問題ハ近來殊ニ技術者ノ注意ヲ惹起シタルモノニシテ舊來混疑土ハ凡テ堅練トシテ充分之ヲ搗固ムベク軟練ハ不得已箇所ニノミ應用ス

ベシト論ゼル者尠カラザリキ。去レド一般ニ堅練ノモノハ最初ヨリ高キ應壓強ヲ與フルモ時日ノ經過ニ伴ビ其强度ノ増進率ハ軟練ノモノニ比シテ遅緩ナリ換言セバ軟練混擬土ノ强度ハ漸次堅練ノ强度ニ追及スペキコト第五十一表ノ如ク。千九百六年獨逸混擬土協會ノ委嘱ニ依リ同國「gross Licherfelde」(Gross Licherfelde) 王立材料試驗所ニ於テ實驗シタル成績ニ徵シテ之ヲ覗知スルコトヲ得ベシ。

第五十一表

地濕及水濕程度ニ搗固メタル混擬土ノ應壓强度											
供試體 30cm 立方、濕砂中ニ凝結、各5箇ノ平均値											
配 合 (重 量)	砂 ノ 種 類	「アイザ一」河砂			「ライン」河砂						強 度 kg/cm ²
		7mm 砂	7mm 洗砂	120 錐孔上 ニ残留砂	7mm 砂	120 錐孔上 ニ残留砂					
1:2 ¹ / ₂ :5	地 濕	175	254	183	250	184	271	235	318	237	326
	水 濕	142	214	161	226	178	270	212	291	213	325
1:4:8	地 濕	100	152	121	163	133	210	127	192	130	220
	水 濕	78	125	85	162	92	150	92	155	123	196

「ブラバント」氏(Brabandt)ガ千九百七年ニ發表シタル成績ニ依レバ 30cm 立方供試體ニシテ 28 日間濕砂中ニ貯藏セルモノニ就キテ「セメント」及砂ノ容積ノ 15 乃至 17% ノ水ヲ有セシモノ最モ其强度ニ富メルコトヲ示シ必要ナル水ハ「セメント」ノ濕度ト共ニ増進シ寒期ノ製品ハ暑期ノモノニ比シテ要スル水量少ナク直接ニ雨雪ヲ受ケザル部分ノ構造物ニ對シテハ强度ヲ大トスル爲メニハ曝

露ノ部分ニ比シテ水ノ多量ヲ要スペシトセリ。

「バッハ」教授ノ實驗ニ依ルモ 2 ケ年後ニ至リテハ水濕ノモノハ其强度凡テ地濕ノモノニ超過シタリト云フ。千九百三年「サセックス教授(Prof. Sussex)ガイリノイス大學ニテ施行シタル實驗ノ結果ハ第五十二表ノ如ク 1:3:6 ノ混擬土ニ就キ。三種ノ濕度ヲ異ニ

第五十二表

材 齡	混捏水量ニ伴フ混擬土强度ノ影響				
	應 壓 強 度 %				
	堅 緊, 6% 水	中 緊 7.8% 水	軟練 9.4% 水	輕 打	強 打
7 日	1200	1340	1280	1330	1040
1 ケ月	1750	1960	2290	2560	2230
3 ケ月	2500	2600	2150	2590	3040

スル成績ヲ徵シタルニ最初ハ中練ノモノ最强度ヲ與ヘタルモ三ヶ月後ニハ軟練ノモノ遙カニ中練ノモノヲ超過スルヲ見タリ。如斯數多ノ實驗ハ何レモ水濕ニ於ケルモノハ最初ニ於ケル强度弱キモ時日ノ經過ト共ニ其增進率著シキコトヲ示セルハ甚ダ注意スペキノ要項ナリトス。

以上所說ノ如ク現今ニ於テハ假令其强度ニ於テ地濕混擬土ニ劣ルベキ場合ト雖モ實際ニ於テハ水濕混擬土ヲ優レリトナスモノ殆ンド一般ノ通論トナレルガ如シ(其所要水量ニ關シテハ本論第三章第五節ニ於テ之ヲ論述シタリ)水濕混擬土ヲ使用スルガ爲メニ搗固ノ費用ヲ節シ得ベキハ實際ノ經費上ニ影響スル所尠カラズ其節約ノミニテモ假令水濕混擬土ノ强度割合ニ小ナル場合

ニモ之ヲ償フテ猶餘リアルベシ殊ニ鐵筋混泥土工事ニアリテハ橋臺重壁等ノ外堅練ヲ使用シテ充分ナル搗固ヲ爲スコトハ殆シド不可能ナル場合多キノミナラズ水濕混泥土ヲ用フルトキハ其鐵筋ノ周圍ヲ完全ニ包圍シ得ル點ニ於テ寧口之ヲ推奨スルニ憚カラザルナリ。但シ俗ニ練込ト稱シ20% 内外ノ水量ヲ加ヘタルモノハ其强度ノ弱キコト震災豫防調査會報告第六十一號ニ廣井、柴田兩博士ノ實驗報告ヲ見ルモ之ヲ知ルコトヲ得ベシ。

材齡ニ伴フ强度ノ影響ハ膠泥ト同ジク漸次其强度ヲ遞進スベシ。[キムボール]氏 (Kimball) ガ米國「ウォータータウン」造兵廠ニテ 12" 立方體ニ就キテ施セル實驗ハ第五十三表ニ示セルガ如シ。

第五十三表

混合ノ比	材齡ニ伴フ混泥土强度ノ増進			
	應壓強度			
	7日	1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月
1:1:3	1600	2750	3360	4300
1:2:4	1525	2460	2944	3900
1:2½:5	1300	2225	2670	3400
1:3:6	1230	2060	2440	3100
1:3½:7	1100	1875	2210	2800
1:4:8	1000	1700	1980	2500
1:5:10	800	1350	1520	1900
1:6:12	600	1000	1060	1300

「ムンダー・キンゲン」(Munderkingen) = 於テ「ダニユーブ」河(Danube)ニ架設セル橋梁建設ニ伴ヒ施シタル實驗ハ其長年月ニ涉ルノ故ヲ以テ最モ興味アルモノト云フヲ得ベク其混泥土ハ 1:2½:5 配合

ニシテ水濕狀ニ製作セル 20cm 立方體ナリシガ其應壓強度増進ノ割合ハ第五十四表ノ如シ。

第五十四表

材齡ニ伴フ混泥土强度ノ増進		
材齡	平均應壓強度	强度增加ノ割合
7日	202kg/cm ² (2873%/ ^b)	0,8
28 "	254 " (3613 ")	1 (標準)
5月	332 " (4722 ")	1,31
2年8月	520 " (7396 ")	2,1
9年	570 " (8107 ")	2,3

「コンシデール」氏 (Considère) ハ材齡ニ伴フ應壓強度増進ノ割合ハ

7日	28日	6週	1年
0,33	0,66	1	1,5

ヲ得タリトシ 「プロブスト」氏 (Probst) ハ同ジク

70日	90日	150日
0,81	1	1,06

ヲ得タリ。[バッハ]氏 (Bach) ハ千九百九年、「ペトン・ウント・アイゼン」(Beton u. Eisen) 雜誌ニ廣汎ナル試驗ノ結果ヲ掲グ其强度増進ヲ

26日	100日	1年	2年	6年
應壓強度 268	348	418	478	561 kg/cm ²

トシ之ヲ公式ニテ表ハセバ 應壓強度 σ_c ハ

$$\sigma_c = 874 \left(1 - \sqrt[6]{\frac{1}{6m+1}} \right) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (24)$$

ニテ示シ得ベク m ハ月數ヲ表ハスモノナリトセリ。

「テイロル」及「タムソン」氏 (Taylor and Thompson) ハ「ウォータータクツ」造兵廠、「カンドロー」氏 (Candlot), 「ディッケルホーフ」氏 (Dyckerhoff), 「ホウレー」及「クラーク」氏 (Hawley & Krahl), 「ホルネー」氏 (Horney), 「キムボール」氏 (Kimball), 「ウードバリー」及「ライトン」氏 (Woodbury & Leighton), 「ウェブスター」氏 (Webster) 及著者自身ノ實驗結果ヲ綜合シテ強度増進ノ平均割合ヲ次ノ如シトセリ

7日 1月 2月 3月 4月 6月 7月 1年 2年 3年.

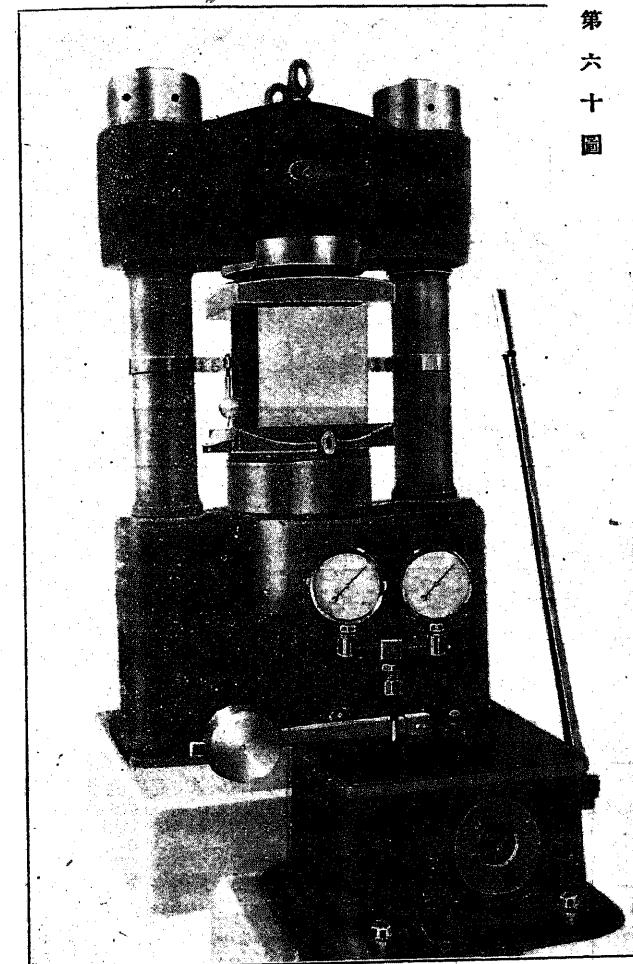
0,76 1 1,18 1,25 1,29 1,35 1,38 1,44 1,48 1,51.

「キムボール」氏ノ實驗ニ從ヘバ富質ノ混擬土ハ貧質ノモノニ比シテ其増進率稍大ナリト云フモ他ノ實驗ニアリテハ更ニ此反證ヲ示スモノアリテ實際ノ目的ニハ配合ノ比如何ニ拘ラズ増進率ニハ大差ナキモノ、如シ但シ軟練ノモノハ最初ハ低キ強度ヲ示

第五十五表

配 合	混 擬 料 ノ種類	應 壓 強 度		
		2 月	6 月	2 年
1:2:3	砂 利	186,8	159,2	199,7
"	碎 石	210,5	190,2	212,0
"	砂 利 半 半	207,0	235,5	194,3
1:2:4	砂 利	179,1	262,5	193,8
"	碎 石	217,6	229,5	239,4
"	砂 利 半 半	186,2	225,7	266,8
1:2:5	砂 利	156,5	191,2	151,5
"	碎 石	183,8	140,2	257,8
"	砂 利 半 半	212,2	257,4	268,1

第六十圖



據レバ第五十五表ノ如シ供試體ハ10cm立方ニシテ各6箇中ノ最高3箇ノ平均ナリ。

京都帝國大學ニ於テモ大正三年九月以降其實驗ニ着手シタルモノアルモ其數未ダ少クシテ之ヲ發表スルハ却ツテ世ヲ誤ルノ恐レアルヲ以テ暫ラク之ヲ他日ニ譲ルベシ供試體ハ30cm立方體ニシテ第六十圖ノ如キ。500噸壓縮機ヲ使用セリ。

スモ時日ノ經過ト共ニ其増進ノ割合大ナルコト既ニ論述シタル如クナルヲ以テ以上掲載ノ増進率ハ只大體ノ標準ヲ示スモノニ過ギザルコトヲ知ルベシ。

本邦ニ於ケル混擬土應壓強ニ就キテ實驗シタルモノ二三ヲ舉グレバ明治四十一年四月震災豫防調查會報告第六十一號ニ於ケル廣井博士及柴田博士ノ實驗報告ニ

シ造兵廠 (Watertown Arsenal) = 於テ施シタル數氏ノ實驗ノ結果ヲ參照シタルモノニシテ此公式ガ能ク是等ノ實驗ト符合スルコトヲ證スル爲メ「タイロル」及「タムソン」ノ二氏ハ其著書混凝土及鐵筋混凝土篇ニ於テ「カンドロー」氏ノ實驗ヨリ來ル碎石及砂利混凝土ノ28日後ニ於ケル強度ト「キムボール」氏 (Kimball) ノ實驗ヨリ來ル6ヶ月後ニ於ケル強度トヲ示スペキ圖表ヲ作リ更ニ其材齡ニ伴フ混凝土ノ強度ヲ研究シタル後々ノ値ヲ夫々第五十七表ノ如ク假定スペキヲ薦告セリ。

第五十七表

應壓強度 σ / lb^2 ニテ示セルトキノルナル係數ノ値		
材齡	碎石混泥土ニ 對スルケル 値	一ヶ月ニ於ケル強度 ヲ單位トセル増進率
7日	9500	0,76
1ヶ月	12500	1,00
3ヶ月	15600	1,25
6ヶ月	16900	1,35
1年	18000	1,44

碎石ノ大サハ $2''$ 及 $2\frac{1}{2}''$ ト $\frac{1}{4}''$ 及 $\frac{1}{2}''$ トノ間ニアルモノヲ標準トセリ從ツテ碎石バ大サ猶小ナルトキハノ値ハ記載ノ數字ヨリ更ニ少シク小トナルベシ以上ノ値ハ嚴重ニ云ヘバ之ヲ精密ノ數トハ稱スルコトヲ得ザルモ實際ノ目的ニハ蓋シ充分ナルベシ。

第五十八表ニ示セル混凝土ノ強度ハ容積 $1:3:6$ ノ配合ヲ有スルモノ、強度ヲ基礎トシテ他ノ配合ニ對スル「タイロル」及「タムソン」氏ノ計算セル結果ヲ示ス $1:3:6$ ノ配合トハ「セメント」一樽ニ對メル砂 $11\frac{1}{4}$ 立方呎、石材 $22\frac{1}{8}$ 立方呎ノ場合ニシテ數多實驗者ノ實驗結果ヲ平均セル1ヶ月後ノ強度ヲ $1950\text{lb}/\text{in}^2$ ト假定セリ此假定ハノ値 12500 = 相當ス故ニ今 $1950\text{lb}/\text{in}^2$ ヲ出發點トセル他ノ配合ニ於

ケル強度ハ(25)ノ公式ヨリ「セメント及砂ノ比重ヲ前記ノ假定ニ基キテ算出スルコトヲ得ベシ混凝石材ハ其質緻密堅牢ナル石灰石ニ等シク寸法 $1/4''$ ヨリ $2''$ 間ニアルモノト假定セリ $1/2''$ 以下ノ混凝石材ノミヲ用フルトキハ其強度ハ約 20% 低下スルモノト見做ストヲ得ベシ一般ニ水濕混合ノモノハ特ニ其初期ニ於テ低キ強度ヲ示スペク寒天ニアリテハ強度ヲ遲退セシメ柱狀供試體ハ立方供試體ニ比シテ其強度低ク顯ハルベシ。

第五十八表ニ據ルニ空積ノ割合少ナキ混凝石材ハ其強度却々テ低キヲ見ル是レ全ク容積配合ニ依リテ起ル現象ニシテ敢テ怪ムニ足ラズ假令バ 40% ノ空積ヲ有スル混凝石材ノ實質ハ 50% ノモノニ比シテ大ナリ從ツテ容積ニ於テ全同一ノ比ヲ有スル場合ニハ空積少ナキモノ、混凝土ハ其製出高ヲ增加スペシ其結果トシテ其混凝土ノ單位容積中ニ於ケル「セメント」ノ量ハ小トナルベシ然カモ「セメント」ノ減量ト相殺スル程度迄ニハ其密度大ナル能ハズ故ニ若シ 40% ノ空積ヲ有スル混凝石材ヲ以テ 50% ノモノニ比シテ幾分カ少量ノ砂ヲ用フルガ如キ加減ヲ施ストセバ混凝土ノ單位容積内ニ同量ノ「セメント」ヲ有スル結果トナリ其密度ヲ増加スペク從ツテ 40% ノ空積ヲ有スルモノ、混凝土ノ強度ハ 50% ノモノニ比シテ恐ラクハ大ナル結果ヲ示スモノトナルベシ。

以上ノ事實ニ基ヅキ空積ノ大ナル混凝石材ヲ有スルモノハ使用上ニ有利ナリト斷言スルハ誤謬ナルベシ何トナレバ其混凝土ノ單位容積中ニ要スル「セメント」ノ量ヲ增加スルノミナラズ密度ノ增加ハ極メテ僅カナルヲ以テ假令強度ニ於テ少シク劣ル場合ト雖モ「セメント」ニ於テ節約スルコト大ナル點ニ於テ空積ノ少ナ

キ混疑石材ヲ使用スルノ優レルヤ論ヲ俟タザレバナリ。

第五十八表

配合比	材齡1ヶ月				材齡6ヶ月			
	碎石若クハ砂利内ノ空積				碎石若クハ砂利内ノ空積			
	50%	45%	40%	30%	50%	45%	40%	30%
1:1½:2	2880	2860	2840	2800	3890	3870	3840	3780
1:1½:3	2780	2750	2720	2670	3750	3710	3680	3600
1:1½:4	2680	2650	2610	2540	3620	3570	3520	3430
1:2:3	2560	2540	2510	2460	3460	3420	3390	3320
1:2:4	2480	2440	2410	2350	3340	3300	3250	3170
1:2:5	2400	2350	2310	2230	3230	3180	3120	3010
1:2:6	2320	2260	2230	2140	3130	3060	3010	2890
1:2½:3	2370	2340	2320	2270	3200	3160	3130	3070
1:2½:4	2290	2260	2230	2180	3090	3050	3010	2940
1:2½:5	2210	2180	2130	2070	2980	2940	2880	2790
1:2½:6	2140	2100	2060	1980	2890	2830	2780	2670
1:3:4	2120	2090	2060	2020	2860	2830	2780	2720
1:3:5	2060	2030	1990	1930	2780	2740	2690	2610
1:3:6	1990	1950	1910	1840	2680	2630	2580	2480
1:3:8	1860	1810	1770	1680	2510	2440	2390	2280
1:4:6	1710	1680	1650	1590	2310	2270	2220	2140
1:4:7	1660	1620	1590	1530	2240	2190	2150	2060
1:4:8	1610	1570	1530	1460	2170	2120	2070	1970
1:4:10	1510	1460	1420	1340	2040	1980	1920	1810
1:5:10	1310	1270	1230	1160	1770	1720	1660	1570
1:6:12	1060	1020	980	910	1430	1380	1320	1230

第五節 角壇狀及立方狀供試體強度ノ比較。

鑄鐵石材若クハ混疑土ノ如キ脆性材料ガ壓縮作用ヲ受クルト

キハ其材料ハ或一定角度ニ沿ヘル剪力ニ依リテ破壊スペシ此角度ニ沿ヘル滑動ニ對スル抵抗(Resistance to moving)ハ之ヲ二ツノ部分ニ分チテ考フルヲ至當トス一ハ剪力(Shearing)ニ抵抗スペキ材料ノ強度、一ハ其面ニ於ケル滑動ニ對スル摩擦抵抗(Frictional resistance)是ナリ。此二ツノ抵抗力ノ和ハ剪力ヲ受クル面ニ沿フテ分解セル外方荷重ノ剪斷分力(Shearing component of load)ニ等シカラザル可ラズ今第六十一圖ニ於テ此破壊面ガ水平ト爲ス角度ヲθトシ其材料ノ止動角(Angle of repose)ヲφトセバ理論的ニハ

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} \quad (26)$$

トナルベシ何トナレバ

第六十一圖 今 $\tau = 1^\circ$ ニ於ケル材料ノ應剪力度。

A = 角壇(Prism)ノ斷面 = 1° 。

$p = 1^\circ$ ニ於ケル破壊荷重。

μ = 摩擦係數(Coefficient of friction)。

トセバ破壊面ニ沿フテ滑動セントスル力ハ $p \cdot \sin\theta$ ニシテ其對抗力ハ $\tau \cdot \sec\theta + \mu \cdot p \cdot \cos\theta$ ナリ。

故ニ

$$A = 1^\circ \quad p \cdot \sin\theta = \tau \cdot \sec\theta + \mu \cdot p \cdot \cos\theta \quad (27)$$

今 θ ヲ獨立可變數(Independent variable)トセバ破壊ノ場合ニハ

$$\frac{dp}{d\theta} = -\tau \cdot (\cos^2\theta - \sin^2\theta + 2\mu \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta) = 0$$

$$\text{即チ } \mu = -\frac{\cos^2\theta - \sin^2\theta}{2 \sin\theta \cdot \cos\theta} = -\frac{\cos 2\theta}{\sin 2\theta} = -\cot 2\theta \quad (28)$$

然ルニ $\mu = \tan\phi$ ナルヲ以テ

$$\tan \phi = -\cot 2\theta = 0 - \tan(90^\circ - 2\theta) = \tan(2\theta - 90^\circ)$$

即チ $\phi = 2\theta - 90^\circ$ 或ハ

$$\theta = \frac{90^\circ + \phi}{2} = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$$

即チ破壊角度ハ (26)式ノ如ク $45^\circ + \frac{1}{2}\phi$ 止動角 トナルベシ

若シ摩擦ヲ無視スルトキハ $p \cdot \sin \theta = \tau \cdot \sec \theta$ 故ニ

$$\frac{dp}{d\theta} = -\tau \cdot (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) = 0$$

從ツテ $\cos^2 \theta = \sin^2 \theta$ 或ハ $\theta = 45^\circ \dots \dots \dots (29)$

即チ摩擦抵抗ヲ無視シタル場合ニハ「クーロム」氏定理(Coulomb's theory)ノ所謂破壊面ハ水平面ト 45° ヲ爲スベキノ理ナリ而シテ實驗供試體ガ充分ナル高サヲ有スルトキハ其生ズベキ實際ノ破壊面ハ水平面ニ對シ 55° 乃至 60° ヲ爲スベシ。

「ブートン」氏(Bouton)ノ實驗ニ從ヘバ脆性材料ノ理論的破壊角度ハ第五十九表ノ如シ。

第五十九表

脆性材料ノ破壊角度			
材 料	實 驗 上 ノ 破 壊 角 度	實 驗 上 ノ 止 動 角 度	理 論 上 ノ 破 壊 角 度
鑄 鐵 A	54°,8	20°,6	55°,3
" B	55°,0	16°,9	53°,4
石 灰 石	62°,2	33°,4	61°,7
煉 瓦	58°,2	27°,0	58°,5

混擬土ハ其性質ニ於テ鑄鐵石材煉瓦等ト同様ナルヲ以テ其壓縮ニ對スル破壊角度モ亦略ボ同様ノ結果ヲ得ベキノ理ナリ第六十二圖ハ京都帝國大學ニ於テ施行シタル 300m.m 供試體ノ破壊標

第六十二圖



本ヲ示シタルモノニシテ上下ニ於ケル角錐ノ各邊ハ何レモ水平面ニ對シ略ボ 60° ヲ示スヲ見ルベシ。

供試體ノ比較的寸法ト應壓強トノ關係ハ甚ダ必要ナル事項ナリ。今若シ單純ニ垂直應壓強ヲ發揮セシメントセバ供試體ノ高サハ少クトモ其最小徑ノ $\frac{1}{2}$ 倍トスペク 5 倍以上ヲ超過セシム可ラズ「ジョンソン」教授(Prof. Johnson)ハ其著書建築材料篇ニ於テ「バウシンガー」教授(Prof. Bauschinger)ノ砂石ニ對スル竝ニ「ブートン」氏(Bouton)ノ鑄鐵ニ對スル角壙狀供試體(prismatic specimen)ニ施シタル實驗ノ結果ヲ基礎トシテ角壙狀及立方狀(Cube)ノ強度ニ關スル比較方程式ハ近似的ニ次式ノ如ク云ヒ顯ハシ得ベシトセリ。

$$\frac{\text{角壙狀ノ強度}}{\text{立方狀ノ強度}} = 0,778 + 0,222 \frac{b}{h} \dots \dots \dots (30)$$

b ハ供試體ノ最小徑、 h ハ供試體ノ高サヲ示ス。假令ハ混疑土ノ 12" 立方供試體ニ於ケル應壓強度 2500* ナルトキハ 12" ノ断面ヲ有シ 18" ノ高サヲ有スルモノニ於ケル應壓強度ハ

$$\frac{x}{2500} = 0.778 + 0.222 \frac{12}{18}$$

即チ $x = 2315^{*}/_{\circ}$ " ヲ得ルガ如シ此公式ハ果シテ能ク實際ニ適合スルヤ否ヤ未ダ充分ナル證跡ナシト雖モ大體ニ於テ事實ニ近似セルコトヲ認定シ得ベシ。

「シューレ」氏(Schüle)ノ實驗ニ依レバ 7cm × 7cm ノ断面ヲ有シ夫々高サヲ異ニセルモノ、應壓強度ガ立方供試體ノモノニ比シテ得ベキ強度ノ割合ハ次ノ如キ結果ヲ得タリ。

h	=	3,5	7	10,5	14	21	28cm
-----	---	-----	---	------	----	----	------

平均強度	=	123	100	67	64	54	48
------	---	-----	-----	----	----	----	----

此實驗ニ從ヘバ高サガ幅ノ二倍ナルトキハ其強度ハ約 $\frac{2}{3}$ トナルヲ見ルベシ。

更ラニジョンソン教授(Prof. Johnson)ハ實驗ノ結果單位強度ハ其寸法ノ大小ト聯關セズ單ニ其形狀ノミニ從フベク即チ同型ノモノナレバ寸法ノ如何ニ拘ラズ其断面ニ生ズル單位強度ハ同一ナリト論斷セリ。然レドモ實際ニアリテハ假令バ同ジク立方體ナル場合ト雖モ供試體ノ大小ニ從ツテ其強度ニ著シキ差ヲ生ズルハ事實ナルヲ以テ供試體ノ寸法大ナルトキハ強度ハ漸減スルノ傾向アルガ如シ。千九百三年「バーシャルツ」氏(Burchartz)ノ實驗報告ニ依レバ 7,1cm 及 30cm ノ角邊ヲ有スル供試體ニ於ケル強度ハ其二者殆ンド 50% ノ差ヲ見ルベシト云ヘリ。

因ミニ獨逸鐵筋混疑土委員會ハ 300mm ノ角邊ヲ有スル立方體ニ依リテ混疑土強度ノ標準ヲ定ムベキ供試體ヲ作成スペシト規定セリ。

要スルニ立方狀供試體ノ強度ハ角構狀供試體ニ比シテ大ナル結果ヲ得ベキハ疑ナキ事實ナルモ同型ノ場合其寸法ノ如何ガ強度ニ及ボスベキ影響ニ關シテハ未ダ充分ナル研究ヲ了シタリトハ云フコト能ハズ。

第六節 混疑土ノ安全應壓強度。

壓縮ヲ受クル混疑土ノ彈性限度(Limit of elasticity)ハ可ナリ顯著ナル限界ヲ有シ應壓強度ノ稍々半バ以上ニアルガ如シ「ヘンビー」氏(Henby)ハ氏ノ實驗ニ基キ其限度ヲ極強ノ $\frac{2}{3}$ ト推定セリ要スルニ其限度ハ極強ノ約 60% 内外ニアルモノト假定シテ差支ナキガ如シ。

鐵筋混疑土工事ニ使用スベキ適當ナル安全應壓力度ハ構造物ノ性質、原料ノ配合、混捏ノ方法、混合ノ水量、應力ノ種類(直接壓力ヲ受クルカ彎曲應力ヲ受クルカノ如キ)、荷重ノ性質、壓力ガ直接ニ傳導セラル、カ若クハ他ノ媒介物ヲ經テ間接ニ傳導セラル、カ、混疑土ノ富度及材齡等ニ從ツテ夫々異ナラザル可ラズ從ツテ單位安全應力度ニ關スル一定ノ標準ヲ定ムルコト頗ル困難ナリ何トナレバ各構造物ハ其設計者ニ依リテ夫々特殊ノ取扱ヲ爲スベキ問題ナレバナリ今試ミニ外國ニ於ケル二三ノ規程ヲ掲ゲテ其参考ニ資セン。

千九百六年佛國「コムミッショソ」(French Commission)ノ規程ハ次ノ三種ヲ撰定シ強度ヲ 4 週及 90 日ノ二種トセリ。

配合			強度 (kg/cm^2)		
セメント(重量) 砂(リートル) 砂利(リートル)			28日 90日 90日ノ安全應壓強		
300	400	800	107	160	44.8
350	"	"	120	180	50.4
400	"	"	133	250	56.0

千九百七年發布ノ普魯西規程ニ據レバ彎曲ヲ受クル部分ノ混凝土ノ安全應力ハ應壓極度ノ%トシ其外方荷重ノ算定ハ住宅事務所物置等振動ヲ受クルコト少ナキ構造物ニハ死活重共ニ實際ノモノヲ採ルベク集會堂、舞踏室、製造所、倉庫等ノ如キ強キ振動ヲ受クルカ、可變的荷重ヲ受クル所ニアリテハ死重及50%ヲ增加セル活重ヲ採ルベク、更ニ烈シキ衝擊ヲ受クベキ鐵道橋ノ如キ箇所ニハ死重及2倍ノ活重ヲ採リ安全率ヲ6トシ支柱ニ關スル安全應力ハ混凝土應壓極強ノ $\frac{1}{10}$ 以下ヲ採ルベシトセリ。而シテ1:3:6乃至1:2:4ノ配合ヲ有スル混凝土ノ28日後ノ應壓極強ハ180乃至 $240 kg/cm^2$ ナルヲ以テ其安全應力ハ30乃至 $40 kg/cm^2$ トナルベク支柱ニアリテハ同様ニ18乃至 $24 kg/cm^2$ トナルベシ。

千九百九年發布ノ瑞西規程ハ中心荷重ヲ受クル構造物ニ於ケル安全應壓力ハ $35 kg/cm^2$ 、偏心荷重ヲ受クルモノニアリテハ中軸ニ於テ $35 kg/cm^2$ 、緣端ニ於テ $45 kg/cm^2$ トセリ。

千九百十一年發布ノ澳匈國規程ニアリテハ三種ノ混凝土ヲ指定シ4週間後ノ強度ヲ次ノ如シトセリ。

配合		強度 (kg/cm^2)	
セメント(kg)	砂及砂利ノ量(リートル)	彎曲及偏心壓力 ヲ受クルモノ	中心壓力ヲ 受クルモノ
470	1	42	28
350	"	37	25
280	"	32	22

斯クノ如ク各國ニ於テ多少其標準ヲ異ニスルモ本邦ニ於ケル混凝土ノ強度ニ關シテハ未だ一モ正確ナル準據ヲ得ザルヲ以テ各自其經驗ト實驗トニ依リテ之ヲ定ムルノ外ナシト雖モ第二節ニ示セル本邦ノ實驗ニ徵スルニ4週間後ニ於ケル1:2:4ノ混凝土ニアリテハ其極強平均凡ソ $150 kg/cm^2$ 、3ヶ月後ニ於テ $200 kg/cm^2$ ト假定スルモ差支ナカルベシ往々本邦ニ於ケル「セメント」ノ品質ヲ疑ヒ外國品ニ比シテ劣等タルヲ免レザルヲ以テ混凝土ノ強度モ亦外國ニ於ケルモノニ比シテ小トスペシト論ゼル者アルモ本邦「セメント」ノ強度實驗ノ結果ニ鑑ミ(著者ノ實驗ハ其數未ダ少ナシト雖モ1:2:4ノ配合ヲ有スル300mm供試體ニ於テ4週間後ノ強度150乃至 $195 kg/cm^2$ ニ達セリ)必ズシモ本邦「セメント」ヲ以テ一般外國品ニ劣ルモノナリトノ理由ヲ見出スコト能ハズ。

次ニ其安全率ヲ幾許トナスペキカニ關シテハ混凝土施工後時日ノ經過ニ從ヒテ變更セザルベカラズ實際施工後計畫通りノ荷重ヲ受クルハ少クモ3ヶ月後ニアルモノト假定スルハ不當ニアラザルヲ以テ前述ノ如ク佛國ノ規程ニアリテハ4週間後ノ外更ニ3ヶ月後ノ標準ヲ示シ安全率ヲ概ネ4ト見積レリ獨國ニアリテハ4週間後ノモノニ對シ6ヲ用キ米國ニアリテハ3ヶ月後ノモノニ對シ5乃至6ヲ使用ス若シ全部等布荷重ヲ受ケ毫モ振動又ハ衝動ヲ受ケザルトキハ4ヲ採用スルコトアリ勿論3ヶ月後ノ強度ノ增進ハ凡テ之ヲ無視スルモノ多シ斯クテ假令バ1:2:4ノ混凝土ニ於テ3ヶ月後ノ強度 $3000\%/\text{a}$ 、4週間後ノ強度 $2400\%/\text{a}$ ナリト假定シ3ヶ月後ニ於ケルモノニ對シ6ノ安全率ヲ用フトキハ其安全應壓力度ハ $500\%/\text{a}$ トナルベク從ツテ4週間後ニアリ

リテハ安全率ハ4.8トナルベシ同様ニ1:3:6ノ混疑土ニ就キテ3ヶ月後及4週間後ノ强度ヲ夫々2400 kg/cm^2 及2000 kg/cm^2 ト假定シ3ヶ月後ノモノニ對シ6ノ安全率ヲ用フルトキハ其安全應壓强度ハ400 kg/cm^2 トナリ4週間後ノモノハ5ノ安全率ヲ有セルモノト同シキ結果ヲ得ベシ普通ノ狀態ニアリテハ此等ノ安全率ヲ與フレバ實際ニ於テ充分ナル强度ヲ發揮シ得ルヲ以テ著者ハ本邦一般ニ行ハル、4週間後ノ强度ヲ假定シ是レニ安全率5ヲ與フルヲ以テ實際ニ差支ナキモノト信ズ故ニ假令バ1:2:4ノ混疑土4週間後ノ强度ヲ 150 kg/cm^2 (2133 kg/cm^2)ト假定セバ其安全應壓强度ヲ 30 kg/cm^2 (427 kg/cm^2)ト取ルベク若シ3ヶ月後ノ强度ヲ假定セントセバ之ヲ 200 kg/cm^2 (2844 kg/cm^2)トシ其安全應壓强度ヲ 40 kg/cm^2 (569 kg/cm^2)ニ取ルハ最モ穩當ノ標準ナルベシ。

混疑土ガ壓力ヲ受クル方法如何ニ由リテ多少使用スペキ安全應壓强度ヲ加減スルコト又必要ナリ以上記載ノ4週間後ニ於ケル應壓强度 30 kg/cm^2 ハ彎曲ヲ受クル場合ニ使用スペク柱ノ如ク直接壓縮ヲ受クル混疑土ニアリテハ其約80%即チ24乃至25 kg/cm^2 ヲ使用スルコト最モ適當ナルベシ。

第七節 鑛滓混疑土ノ強度

建物ニ於ケル屋根版若クハ床版等凡テ輕量ヲ要スル構造物ニアリテハ屢々鑛滓混疑土ヲ使用スルコトアリ鑛滓混疑土ノ强度ハ砂利若クハ碎石混疑土ニ比シテ其值著シク小ナリ。歐洲ニアリテハ米國ニ於ケルガ如ク其應用多カラズ從ツテ其强度ノ試験セラレタルモノ亦從ツテ少ナシ千九百三年及四年ニ涉リテ米國「ウォータータウン」造兵廠ニ於テ12"立方供試體ニ就キ施行シタ

ル實驗報告ハ第六十表ノ如シ。

第六十表

鑛滓混疑土ノ應壓强度(kg/cm^2)					
配 合			材 齡		
セメント	砂	鑛 淬	38日	224日	1年3 $\frac{1}{2}$ 月
1	2	4	1950	—	2440
1	2	4	2050	—	2490
1	2	4	—	2600	2610
1	2	4	—	2500	2410
1	2 $\frac{1}{2}$	5	1400	—	1950
1	2 $\frac{1}{2}$	5	1400	—	1630
1	2 $\frac{1}{2}$	5	—	1980	1480
1	2 $\frac{1}{2}$	5	—	2020	1740

一般ニ床版ハ其堰板ノ取外シ割合ニ早キヲ以テ4週間ニ於ケル强度ヲ設計ノ考慮中ニ加フルコト必要ナルベシ而シテ第六十表ニ示セル實驗ハ28日後ニ於ケル强度ヲ示サルモ1:2:4ノ鑛滓混疑土ニ於ケル强度ハ約1200乃至2000 kg/cm^2 内ニアルガ如シ如斯鑛滓混疑土ノ强度ハ不確實ノ點多ク其施工ノ方法亦砂利若クハ碎石混疑土ニ比シテ不完全ナル場合多キヲ以テ許容力度ヲ考フル場合ニ其安全率ヲ高ムベキコト必要ニシテ通常6乃至10ヲ採用スル場合多シ從ツテ實際ニ於ケル作用强度ハ其材齡配合ノ貧富混捏ノ方法等ニ應シ200乃至300 kg/cm^2 ト假定スルヲ充分ニシテ且ツ安全ナリトス。

第八節 混疑土ノ彈性係數

一般ニ彈性係數(Modulus of elasticity) E ノ値ハ其彈性限度ヲ超過

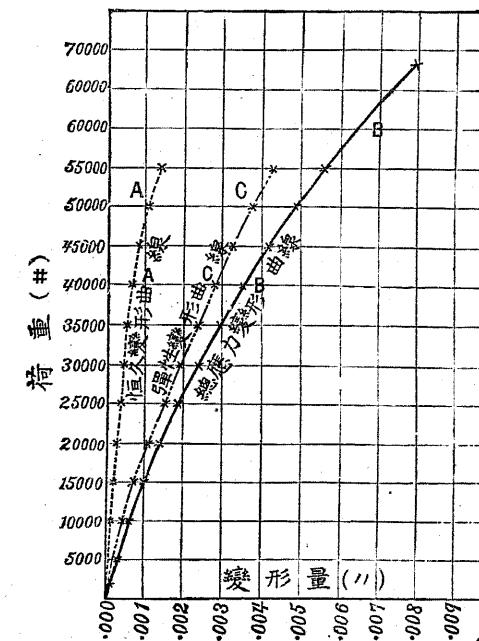
セザル範囲内ニ於テ單位面積ニ於ケル應力のヲ單位長サニ於ケル應力變形ニテ除シタルモノ即チ $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ ニテ表ハシ得ベシ今應力度ヲ縦距、應力變形ヲ横距ニテ示シ「ウールソン」教授 (Prof. Woolson) の實驗ニ係ル混擬土ノ應壓力ニ對スル應力及應力變形示圖 (Stress strain diagram) ノ一例ヲ示セバ第六十三圖ノ如シ。

混擬土ノ彈性係數ハ實際ニ於テ鍊鐵若クハ軟鋼ノ如ク必ズシモ定數ニアラズシテ荷重ニ從ツテ變化スペシ即チ石材、鑄鐵等ト同シク混擬土ハ極メテ輕キ荷重ヲ受クルモ多少ノ恒久變形 (Permanent set) ヲ呈スペシ故ニ真ノ彈性的應力變形ヲ求メントセバ漸次增加スル荷重ニ對スル全應力變形ヨリ此恒久變形ヲ差引キタルモノナラザル可ラズ即チ精密ナル結果ヲ得ル爲メニハ最早恒久變形ヲ呈セザル程度迄幾回モ荷重ヲ加エ更ニ之ヲ取去リ彈性係數ヲ定ムベキ實驗ニ於テ用キタル最大荷重ニ對シテ得タル總應力變形ヨリ其恒久變形ヲ控除シタルモノタルベシ即チ第六十三圖ニ於テ A ナル記號ヲ施セル曲線ハ恒久變形、B ナル曲線ハ總應力變形、C ナル曲線ハ彈性的應力變形ノ真正ナル曲線ヲ示スモノニシテ畢竟 C ナル曲線ハ B ヨリ A ノ量ヲ減ジタルモノ、軌跡 (Locus) ナリ「ウールソン」氏ノ實驗ハ $6'' \times 6''$ ノ供試片ニ 5000[#] 即チ $140^{#}/''$ 每ニ荷重ヲ加エテ更ニ之ヲ取去リタル時ノ結果ナリ。此實驗ニ從ヘバ一般ニ其應力變形ト應力トノ關係ハ正整ナル形ヲナシ。

$$E = \frac{\sigma_m}{\epsilon} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (31)$$

ナル指數方程式ニテ示スコトヲ得ベク m ナル指數ハ原料ノ配合、性質及其材齡等ニ依リテ異ナルベシ「バッハ」教授 (Prof. Bach) ハ m ノ

第六十三圖



值ヲ $1,11$ 乃至 $1,16$ ナリトシ實際ニ於テ其彈性限度ニ近キ點ニテハ $1,0$ 即チ殆ンド直線ヲ以テ之ヲ代用シ得ベシトセリ。

混擬土ニ於ケル彈性係數ヲ計算スル普通ノ方法ハ所謂即時的彈性係數 (Instantaneous modulus of elasticity) ト稱スルモノヲ定ムルニアリ即チ或ニツノ異ナレル荷重ノ間ニ起ル彈性的應力變形ヲ見出シ荷重ノ此二點間ニ於テハ其應力ト應力變形トハ一ツノ直線ヲ爲スモ

ノト假定スルニアリ若シ此ニツノ荷重點ヲ充分近似セル值ニ取ルトキハ此假定ハ必ズシモ著シキ誤謬ヲ與フルモノニアラズ今 P ヲ (*) ニテ示セル總荷重、 A ヲ供試體ノ斷面積、 l ヲ (") ニテ示セル應力變形ノ等調ナリト考へ得ベキ供試體ノ長サ、 λ ヲ ("') ニテ示セル l ナル長サニ於ケル應力變形、 ϵ ヲ單位應力變形トセバ

$$\epsilon = \frac{\lambda}{l}, \quad \sigma = \frac{P}{A} \quad \text{トナルヲ以テ}$$

$$E = \frac{P}{A} \div \frac{\lambda}{l} = \frac{Pl}{A\lambda} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (32)$$

ヨリ彈性係數ヲ計算スルコトヲ得ベシ 米國「ウォーターハウン」造兵廠ニ於ケル普通ノ試驗法ハ加重率 $1.0''$ ニ付キ $0^#$ ヨリ 1000^* 迄ハ毎回 $100^#/\''$ 宛トシ 1000^* 以上ハ其率ヲ $200^#/\''$ トシ各荷重每

ニ其應力變形ヲ記錄シ荷重ヲ取去リテ其恒久變形ヲ測リ再び荷重ヲ次ノ率迄加エテ同一ノ方法ヲ繰返スコト、セリ。

「コンシデール」氏(Considère)ノ實驗ニ依レバ混疑土ノ調合ニ使用スル水量ハ其彈性係數ニ關シ著シキ影響ヲ與フベシ水量ノ過剰ナルトキハ其值ヲ減ズベク又不充分ナル搗固ハ係數ノ値ヲ減ゼシムベク混疑土ノ密度ヲ增加セバ係數ノ値ハ増加スペシト云ヘリ。

第九節 混疑土ノ張力ニ對スル彈性係數

應張力ヲ生ズル混疑土ノ彈性的狀態ハ應壓力ヲ生ズル場合ニ比シテ一層可變的ナリ應張力ヲ生ズル彈性的應力變形ニ於ケル曲線ノ形ニ關シテハ實驗者ノ間ニ其學說一致セザル點多シ或者ハ張力ヲ受クル場合其彈性係數ノ變化ハ比較的少量ニシテ之ヲ無視スルモ可ナルベク從ツテ或一定ノ應力限度ヲ指定スル要ナシトシ或者ハ小ナル應力ニアリテハ彈性係數ハ實際不變ト見テ差支ナキモ大ナル應力ニアリテハ伸張率大トナリ從ツテ彈性曲線ノ形ハ甚ダ扁平狀ヲ爲スペシトセリ一般ニハ應張力ノ增進ニ伴ヒ其應力變形ノ變化又之ニ伴フモノト假定スル方寧口有理的ナルガ如シ。

千九百四年「ハット」教授(Prof. Hatt)ノ實驗ニ依レバ應張力ト應壓力トヲ受クルモノニ就キテ其兩者ノ彈性係數ハ實際ニ於テ殆ンド同一ト假定シテ大差ナシトセリ此事實ハ近來ノ實驗ニ於テ多ク承認セラルモノ、如シ。

「メルシュ」教授(Prof. Mörsch)ガ「ワイス」及「フライタッハ」會社(Wayss & Freitag Co.)ノ爲メ實驗シタル3ヶ月後ノ検定ニ係ル混

凝土ノ張力ニ對スル彈性係數ハ第六十一表ノ如シ其成績ニ徵スルニ張力ニ對スル混疑土ノ彈性係數ハ其配合ノ比ト伴ヒテ増進スルモノナルコトヲ示ス。

要スルニ張力ニ對スル彈性係數ハ壓力ニ對スルモノニ比シテ實際ニハ大差ナキモノ、如シ從ツテ混疑土ノ彈性係數ト云フハ一般ニ壓力ヲ受クル場合ニ就キテ算定シタルモノヲ指スコト多シ。

第六十一表

張力ニ對スル混疑土ノ彈性係數							
單位應力		配合(水量 8%)					
		1:3			1:4		
kg/cm ²	#/〃	應力變形 百萬分ノ一	E kg/cm ²	E #/〃	應力變形 百萬分ノ一	E kg/cm ²	E #/〃
3,1	44,1	13	238000	3385000	13	240000	3414000
4,6	65,4	20	230000	3271000	21	224000	3186000
6,2	88,2	28	221000	3143000	31	200000	2845000
7,8	110,9	38	203000	2887000	41	190000	2702000

配合(水量 14%)							
單位應力		1:3					
		應力變形 百萬分ノ一	E kg/cm ²	E #/〃	應力變形 百萬分ノ一	E kg/cm ²	E #/〃
kg/cm ²	#/〃						
3,1	44,1	15	207000	2954000	14	221000	3143000
4,6	65,4	23	200000	2845000	22	200000	2845000
6,2	88,2	32	194000	2759000	32	194000	2759000
7,8	110,9	44	175000	2489000	—	—	—

第十節 混疑土ノ壓力ニ對スル彈性係數

壓力ニ對スル彈性係數ノ實驗ハ其施行セラレタルモノ多キモ同一配合ノ混疑土ニ於テスラ實驗者ニ依リテ得タル結果ニ著シ

キ差違ヲ生ズルコトアリ少キハ1500000ヨリ多キハ5000000%^{1/2}ニ
達ス其理由ハ未ダ精確ナル解決ヲ得ズト雖モ混疑土ノ材齡配合
ノ貧富密度ニ依リテ左右セラル、モノナルコト疑フ可ラズ第六

第六十二表

配合ヲ異ニセル混疑土ノ壓力ニ對スル平均彈性係數					
石材ノ種類	配合	普通水濕狀態		特別地濕狀態	
		三十日後ノ 應壓強度 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	彈性係數 $\frac{1}{\text{in}}$	三十日後ノ 應壓強度 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	彈性係數 $\frac{1}{\text{in}}$
碎石若ク ハ砂利	1:1 $\frac{1}{2}$:3	2300	2500000	2800	3600000
	1:2:4	1700	2000000	2500	3200000
	1:2 $\frac{1}{2}$:5	1500	1800000	2200	2800000
	1:3:6	1300	1600000	1900	2500000
	1:4:8	900	1300000	1500	2000000
	1:2:5	700	900000	1000	1300000

十二表ハ30日ノ材齡ヲ有スル圓墻狀供試體極強ノ三分一點ニ於

第六十三表

12" 立方供試體ニ於ケル碎石混疑土ノ彈性							
配合		材齡	彈性係數			應壓強度 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	
セメント	砂		100及600#間	100及1000#間	1000及2000#間		
1	2	4	7日	2593000	2054000	1351000	1730
1	2	4	1ヶ月	2662000	2445000	1462000	2567
1	2	4	3ヶ月	3671000	3170000	2158000	2975
1	2	4	6ヶ月	3646000	3567000	2582000	3989
1	3	6	7日	1869000	1530000	—	1511
1	3	6	1ヶ月	2438000	2135000	1219000	2260
1	3	6	3ヶ月	2976000	2656000	1805000	2741
1	3	6	6ヶ月	3608000	3503000	1868000	3068

ケル全應力變形ヲ基トシ種々ノ配合ニ對スル混疑土ノ彈性係數
ノ平均結果ニシテ其成績ヲ二様ニ分チ一ハ水濕狀態、一ハ地濕狀
態ニアルモノヲ示ス。

混疑土ノ彈性係數ハ材齡ト共ニ增加シ單位強度ノ增進ニ伴ヒ
テ減退スルコト第六十三表ノ如ク「キムボール」氏(Kimball)ガ「ウォー
タータウン」造兵廠ニテ 12" の立方供試體ニ就キテ實驗シタルモノ
ノニ依リテ之ヲ見ルベシ此結果ハ應力變形ヨリ恆久變形ヲ扣除
シタルモノニ就キテ計算シタルモノナリ。

第六十四表

壓力ニ對スル混疑土ノ彈性係數							
單位應力	配合(水量 8%)						
	1:3			1:4			
kg/cm^2	$\frac{1}{\text{in}}$	應力變形 百萬分之一	$E \text{ kg/cm}^2$	$E \frac{1}{\text{in}}$	應力變形 百萬分之一	$E \text{ kg/cm}^2$	$E \frac{1}{\text{in}}$
12.2	173.5	43	284000	4039000	49	250000	3556000
18.3	260.3	67	273000	3883000	76	241000	3428000
30.6	435.2	117	261000	3712000	133	230000	3271000
49.0	697.0	198	247000	3513000	225	218000	3101000
61.3	871.9	255	240000	3413000	290	211000	3001000

單位應力	配合(水量 14%)						
	1:3			1:4			
kg/cm^2	$\frac{1}{\text{in}}$	應力變形 百萬分之一	$E \text{ kg/cm}^2$	$E \frac{1}{\text{in}}$	應力變形 百萬分之一	$E \text{ kg/cm}^2$	$E \frac{1}{\text{in}}$
12.2	173.5	48	254000	3613000	58	215000	3058000
18.3	260.5	76	241000	3428000	90	203000	2887000
30.6	435.2	135	227000	3226000	160	191000	2716000
49.0	697.0	227	216000	3072000	276	177000	2518000
61.3	871.9	293	209000	2973000	360	170000	2418000

「メルシュ教授(Prof. Mörsch)」、「ワイス」及「フライタツハ」會社(Wayss and Freitag Co.,)ノ爲ニ施セル80日乃至90日後ノ實驗ニ依レバ其結果第六十四表ノ如シ。

即チ壓力ニ對スル混擬土ノ彈性係數ハ單位應力ノ增進ト配合ノ富度トニ反比例ヲ爲シテ減退スルヲ見ルベシ。

混擬土ノ彈性係數ト其極強トノ間ニハ何等カノ關係アルガ如キモ未ダ之ヲ斷定シ得ルノ結論ニ達セズ「ウォータータウン」造兵廠「セントルイス」市ニ於ケル合衆國政府材料試驗所及米國各大學ニ於ケル多クノ實驗ノ總平均ニ依レバ $\frac{\text{彈性係數}}{\text{極強}} = 1300$ 位ナリト云フ。

前述ノ如ク彈性係數ノ值ハ單位應力ノ增進ニ伴ヒテ減退スペキヲ以テ單位應力ノ如何ナル場合ニ於ケル彈性係數ヲ以テ計畫ノ基礎ニ置クベキカノ問題ヲ生ズベシ計畫ノ場合ニハ安全應力ヲ基礎トスルヲ以テ假令バ $0^{\#}/\%$ 600 $^{\#}/\%$ ニ至ルガ如キ許容應力度範圍内ニ於ケル係數ノ值ヲ使用スペキコト最モ穩當ナル手段ナルベシ若シ特別ナル場合ニ於テ極強ニ對スル計算ヲ施サントセバ之ニ相當スペキ係數ヲ撰ムベキハ勿論ナリ $1000^{\#}/\%$ 以上 $2000^{\#}/\%$ ノ單位應力ニ對スル彈性係數ハ $600^{\#}/\%$ ヲ超過セザル單位應力ニ對スルモノニ比シテ $\frac{1}{2}$ 乃至 $\frac{1}{3}$ ノ範圍内ニアルモノト見テ大差ナシ。

桁床版若クハ柱ノ設計ニアリテハ鋼材ト混擬土トノ彈性係數ノ比 n ハ一般ニ 15 ナル值ヲ採用セルモノ多シ鋼材ノ彈性係數ハ第十二章ニ論ズベキガ如ク約 $30000000^{\#}/\%$ ナルヲ以テ $n=15$ ノ場合ニ於ケル混擬土ノ彈性係數ハ $E_c = 2000000^{\#}/\%$ ニ相當ス此值ハ

1:2:4 ノ配合ヲ有スル混擬土ニハ最モ適當ニシテ他ノ配合ニヨリテモ之レト大差ナキヲ以テ一般ニ最モ實用的ノモノトシテ推奨セラル。「バッハ」教授ハ實驗ノ結果 $n=10$ トシタルボット教授ハ 12 乃至 13 ヲ以テ最モ至當ナリトセリ。廣井博士及柴田博士ノ震災豫防調查會第六十一號ニ提出セル報告ニ依レバ普通工事ニ使用スル混擬土ノ彈性係數ハ約 147000 kg/cm^2 ニシテ n ノ值約 13 ニ相當ストセリ。去レド米國各市建築條例、英國鐵筋混擬土聯合委員會、普國及匈牙利政府等ノ規程ニ於テハ何レモ $n=15$ ナル值ヲ採用セリ。千九百七年佛國ニテ發布セル規程ニアリテハ其狀態ニ從ツテ 8 乃至 15 迄ノ大ナル範圍ヲ寬容セリ。

鐵筋混擬土桁ノ設計ニ於ケル中軸線ノ位置ヲ算定スル場合ニハ混擬土ノ彈性係數ハ應壓試驗ニ於ケル安全荷重ノ場合ニ得タルモノヨリモ低キ值ヲ撰定スル方安全ナリ。是レ普通ノ公式ニアリテハ混擬土ノ應張強度ヲ無視スルヲ以テ之レト相殺セシムルノ必要アルガ故ナリ又低キ彈性係數ヲ使用セバ中軸線ノ假想的位置(Apparent location)ヲ低メ從ツテ所要鋼材ノ數ヲ增加スペキヲ以テ寧ロ安全ナリ。次ニ柱ノ設計ニアリテハ彈性係數ノ高值ヲ使用スルハ最モ謙讓的ナルモ實際ニハ低值ヲ採用スルヲ恰當ナリトス。何トナレバ柱内ニ特ニ弱點アルカ異常ノ荷重來ルトキハ鋼材ハ低キ彈性係數ニ依リテ示サル、程度ノ高位強度ヲ受クル場合必ズシモ之ナシト斷言シ得ザルヲ以テナリ。以上ノ理由ニ基キ鋼材ト普通應壓試驗ニ於テ得ベキ彈性係數トノ比ヨリモ稍々大ナル $n=15$ ヲ採用スルハ最モ實際ニ近キ假定ナリト稱スルコトヲ得ベシ。

第十一節 鑽滓混凝土ノ彈性係數

鑽滓混凝土ノ彈性係數ハ砂利若クハ碎石混凝土ノモノニ比シテ稍小ナルガ如シ。千九百三年米國「ウォータータウン」造兵廠ニテ 12" 立方體ニ就キテ試験シタル成績ハ第六十五表ニ示スガ如シ。

第六十五表

配 合			材 齡 (日)	彈 性 係 數 (%)	
セメント	砂	鑽滓		(500# 乃至 1000# 間)	極 度 ノ 時
1	2	4	38	1786000	1136000
1	2	4	38	1923000	1136000
1	2	4	224	1471000	1087000
1	2	4	224	1563000	463000
1	2½	5	38	1250000	—
1	2½	5	38	893000	—
1	2½	5	224	1136000	893000
1	2½	5	224	1250000	694000
1	3	6	34	781000	—
1	3	6	34	1000000	—
1	3	6	220	1000000	694000
1	3	6	220	735000	463000

要スルニ 1:2:3 若クハ其以上ノ豊富ナル配合ニアリテハ安全ト見做シ得ベキ彈性係數ハ 1500000 ニシテ 1:3:6 ヨリモ貧弱ナラザル配合ニアリテハ 800000 乃至 1000000 ヲ採用シテ大差ナキガ如シ。

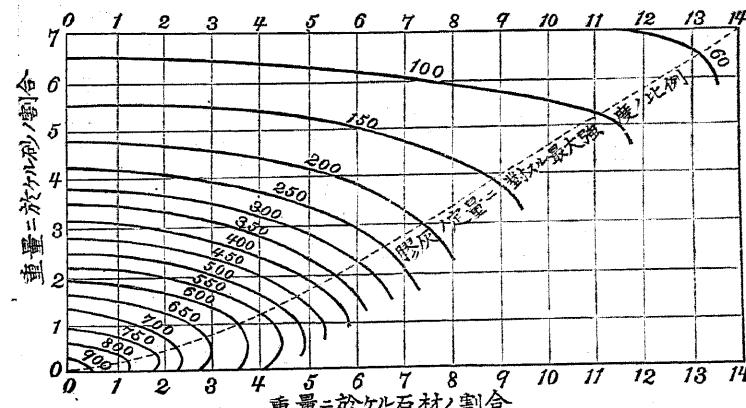
第十二節 混凝土ノ彎曲強度。

混凝土桁ノ强度ハ外方垂直荷重ヲ受クル場合ニハ其桁ノ最下

層ニ於テ最大應力變形ヲ受クル點ノ應張強度ニヨリ限定セラルベシ單純混凝土ノ纖維強度 (Fibre stress) 若クハ破壊係數 (Modulus of rupture) ハ其應壓強ニ比シテ必要ノ度少ナシ何トナレバ混凝土ハ其應張力弱ク收縮若クハ衝動的荷重ニ依リテ容易ニ破壊セラルベキヲ以テ其應張側ニ補強鐵筋ヲ加ヘズシテ桁梁ノ働キヲ爲サシムルコトハ極メテ不完全ナルノミナラズ寧ロ不經濟ナルベク且ツ鐵筋混凝土設計ニ使用スル公式ニアリテハ一般ニ混凝土ノ應張力ヲ無視スル場合多ケレバナリ然レドモ混凝土桁ノ彎曲試験ハ應壓試験ヲ施スニ比シテ其荷重ヲ要スルコト少ナク從ツテ其裝置單純ナルヲ以テ材料ノ種類及配合ヲ異ニスル混凝土ノ比較強度ヲ定ムルニハ最モ便利ノ方法ナリト云フベシ而シテ斯クノ如クシテ得タル各材ノ強度比ハ應壓試験ニ依リテ得タル強度ト無論一致セザルコト明カナリト雖モ其相互ノ優劣ヲ比較スルニハ素ヨリ充分ナル参考タルヲ妨ゲズ。

千九百一年「フルーラー氏 (Fuller)」ノ 6" × 6" × 72" ノ桁ニ就キテ施シタル試験

第六十四圖



ハ其材料配合ノ範圍極メテ廣汎ニシテ彎曲強度ニ對スル概念ヲ與フルニ

最モ屈竟ノ資料タルベキヲ以テ「テーロール」氏混泥土篇ヨリ其圖表ヲ抜萃セルモノ第六十四圖ニ示セルガ如シ此試験ニ使用シタル材料ハ硅酸質河砂ト直徑 $\frac{1}{4}$ "乃至3"ノ間ニアル脈岩トニシテ34日後ニ於ケル強度ヲ示ス縦距及横距ニ示セル砂及石材ノ比ハ何レモ「ポートランドセメント」ノ量1ニ對スル數量ヲ示スモノナリ。

一般ニ破壊ヲ生ジタル場合ニ於ケル矩形混泥土桁ノ應張強ヲ「ナヴィエ」氏(NAVIER)公式ニテ計算シタルモノハ之ヲ直接應張試験ニ依リテ得タルモノニ比シテ其値高シ「サビン」氏(Sabin)ハ其實驗ノ結果 1.55 乃至 1.9 倍ナリトセルモ氏ノ實驗セル桁ハ其寸法非常ニ小ナルヲ以テ其比ノ値ハ割合ニ小ナルガ如ク一般ニ云ヘバ殆ンド2倍内外ト見ルヲ至當ナリトス「メルシュ」氏(Mörsch)ノ實驗ハ材齡3ヶ月ヲ經過セル幅15cm高サ20cm長サ1mノ供試體ニ施シタルモノニシテ中心荷重ヲ加エタル彎曲強度ハ第六十六表ノ如き結果ヲ得タリ。

第六十六表

彎曲強度ト應張強度トノ比較										
配合 (砂及砂利ハ 「ライシ」量)	1:3		1:4		1:7					
	8 kg/cm ²	14 #/□"	8 kg/cm ²	14 #/□"	8 kg/cm ²	14 #/□"	8 kg/m ²	14 #/□"	8 kg/m ²	14 #/□"
彎曲強度	21.4	304	23.2	330	16.1	229	16.7	237	13.3	189
應張強度	12.8	179	10.5	149	9.2	131	8.8	125	4.4	63
									5.5	78

彎曲ニ對スル纖維應張強ト直接應壓強トノ關係ハ一定ノ法則ニ從ハザルガ如シ「テイロール」氏ガ其實驗ヨリ 1:2 $\frac{1}{2}$:5 ノ配合ヲ有スル8"ノ立方體ト高サ8"ノ桁トヲ比較シタルモノニ依レバ

ケ月乃至2ケ月後ニアリテハ應壓強ノ破壊係數ニ於ケル比ハ6:1ナリシト云ヒ「ブリュース」氏(Bruce)ノ實驗ニ從ヘバ混泥土桁ト拱肋トノ比較試験ニ於テ2週間乃至4週間後ニ於テ應壓強ノ破壊係數(Modulus of rupture)ニ於ケル比又殆ンド6:1ニシテ6ヶ月後ニアリテハ10:1ニ增加シタリト云ヘリ。

「セントマーリス・フォールス運河(St. Mary's falls Canal)ニ於テ200以上ノ混泥土桁ニ就キテ實驗シタル結果ノ要項ハ 1) 膠泥ニ於ケル砂量割合ノ增加ニ伴フ混泥土強度ノ減退ハ普通其材料費ノ節減ヨリモ大ナリ 2) 強度ノ最大値ハ混凝料ニ於ケル空積ヲ填充スルニ充分ナル丈ケノ膠泥ヲ有スル桁ニ生ズ 3) 充分搗固ヲ爲シタル後其表面ニ濕氣ノ顯ハル、程度ニ於テ最大値ヲ有ス但シ水量超過ニ依リテ生ズル強度ノ減退ハ水量ノ不足ニ依リテ生ズルモノニ比シテ其差極メテ僅カナリ。

第十三節 混泥土ノ應剪強度

直接剪力ノミヲ受ケタル場合ノ混泥土ノ應剪強ハ從來想像サレタル値ヨリモ頗ル大ナリ何トナレバ從來ノ試験ニアリテハ桁ノ腹材ニ起ル傾斜應力(Diagonal tension)ト直接應剪強(Direct shear)トヲ混同セルモノナレバナリ真ノ剪力ノミヨリ起ル剪斷ハ外力ガ互ニ反對ノ方向ニ且ツ互ニ密接シテ働く時ノミニ起ルベシ故ニ最初論ズベキ混泥土ノ應剪強ト云フハ綴鉄(Rivet)若クハ繫釘(Bolt)ノ應剪強ヲ試験スル場合ト同ジク摺動ヨリ來ル破壊(Sliding failure)ニ對抗スペキ強度ト考フルヲ至當トスベシ。

混泥土ノ應剪強ヲ檢定セル實驗ハ其例甚ダ寡ナシ何トナレバ傾斜張力及彎曲力ヨリ來ル影響ヲ除却スペキ様供試體ノ型ヲ作

リ若クハ完全ニ直接剪力ノミニ對スル混疑土ノ抵抗力ヲ定ムベキ實驗方法ヲ案出スルコト頗ル困難ナレバナリ一千九百四年及五年ニ涉リテ「スボッフォールド」教授 (Prof. Spofford) ガ「マサッチャセツ」工科大學ニ於テ實驗シタルモノハ最モ理論的應剪強ヲ得ルニ近キモノナリキ即チ直徑5"長サ18"ノ圓槽ヲ作リ之ヲ三等分シテ終端ノ各三分ノ一點ヲ鑄鐵製輒ニテ緊定シ此兩輒間ニ箱合スペキ鑄鐵製半圓筒狀ノ加壓版ニ依リテ壓力ヲ加エ三分ノ一點ニ於ケルニツノ面ヲ横ギリテ混疑土ノ剪斷スル様裝置ヲ施シタリ供試體ハ24日乃至32日間空中及水中ニ貯藏セルモノニ就テ試驗シタルガ其結果1:2:4及1:3:5ノ配合ニアリテハ應剪強ノ應壓強ニ於ケル平均比ハ約0.76ニシテ一般ニハ60乃至80%ナリシト云フ。

但シ上述ノ直接應剪強ハ之ヲ傾斜張力ヲ含ム折ニ於ケル剪力ト混同セザル様注意セザルベカラズ後者ノ場合ニアリテハ抗壓強ノ約10乃至15%ノ應剪力ニ依リテ常ニ破壞スルモノト知ルベシ假令バ1:2:4ノ配合ヲ有スル混疑土折ガ其下層ノミニ鐵筋ヲ有シ垂直繫索若クハ傾斜鐵筋ヲ有セザル場合ニアリテハ其平均應剪強ハ200乃至300 kg/cm^2 ニ至レバ傾斜張力ヲ受クル結果破壞スルニ至ルベシ故ニ或程度迄如斯張力ヲ生ゼザルトキ假令バ壓穿剪力 (Punching shear) ヲ受クルガ如キ場合ニハ少クトモ應壓強ノ $\frac{1}{2}$ 内外ノ值ヲ採用スルモ差支ナキガ如キモ實際ノ構造物ニアリテハ全ク此傾斜張力ヲ防止スルコト不可能ナルヲ以テ計畫ニ使用スペキ實際ノ應剪強ハ上記ノモノヨリモ遙カニ小ナル值ヲ採用スペグ即チ1:2:4配合ヲ有スルモノニアリテハ普通200乃至

250 kg/cm^2 , 繫索ヲ有スル折ニアリテハ250乃至350 kg/cm^2 ノ應剪強ヲ以テ實際ニ於ケル極强度ト見做スヲ最モ至當ナリト云フベシ。

「メルシュ」教授 (Prof. Mörsch) ノ實驗ハ「スボッフォールド」氏ト殆ンド同一ノ裝置ニ基キ18cm×18cm長サ40cmノ寸法ト1:3配合及14%ノ水量ヲ有スル混疑土供試體ニ就キニヶ年後ニ試驗シタル成績ト更ニ其應張強トヲ檢定シタル結果其應剪強平均65.5 kg/cm^2 (937 kg/in^2), 應張強15.5 kg/cm^2 (220 kg/in^2), 應壓強308 kg/cm^2 (5405 kg/in^2)ヲ得更ニ應剪強ハ理論的應張強 σ_c 及應壓強 σ_o ノ相乘積ノ平方根ト略相一致スペキコトヲ結論セリ 即チ $\tau = \sqrt{\sigma_c \sigma_o} = \sqrt{15.5 \cdot 308} = 69\text{kg/cm}^2$ (981 kg/in^2)ニシテ實驗ニテ得タルモノト略同値ヲ得ベシト云フ氏ハ更ニ1:4ノ配合ヲ有スルモノニ就キ $1\frac{1}{2}$ ヶ月後ノ應剪強ハ17.1 kg/cm^2 (528 kg/in^2)ナルヲ檢定セリ。

「ツィプケス」氏 (Zipkes) ノ實驗ニ依レバ鐵筋ノ插入ニ依リテ應剪強ハ著シク增大スペク1:3ノ配合ト14%ノ水量ヲ有スルモノニ就キテ純混疑土ハ50日後ノ強度25 kg/cm^2 (356 kg/in^2)ニシテ鐵筋ヲ加ヘタルモノハ57 kg/cm^2 (810 kg/in^2)ナリキ。

猶「コンシデール」氏 (Considère) ハ應剪强度ハ應張强度ニ比シテ20乃至30%大ナリト云ヒ 「フェレー」氏 (Féret) ハ應壓强度ノ16乃至20%ナリトセリ。

斯クノ如ク應剪強ハ少クトモ其應張強ヨリモ大ナルコトハ凡テノ實驗ニ於テ之ヲ證明セルモ「スボッフォールド」氏ノ實驗成績ノ如キ大ナル值ヲ得タルモノ渺シ然レドモ前述ノ如ク傾斜張力ノ影響ヲ含マシタル應剪強ヲ以テ設計ノ基礎ト定ムル方安全ナルヲ以テ普國ノ規定ニテハ普通ノ場合ニハ安全應剪強ハ4.5 kg/cm^2

(64%/ μ) ヲ超過ス可ラズトシ各國ノ規定大抵 60%/ μ 内外ヲ採用セルモノ多シ。

猶應剪强度ハ混擬土ノ配合及水量ニ從ツテ其値ヲ變ズベシス
ツットガルト工科大學材料實驗所ニ於テ施シタル實驗ノ結果第六
十七表ノ如シ。

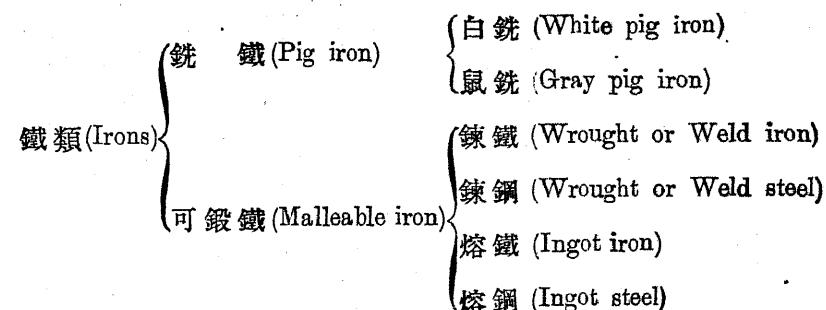
第六十七表

混擬土ノ應剪强度						
配 合	1:3		1:4		1:7	
水 量	8%	14%	8%	14%	8%	14%
應剪强度(kg/cm^2)	36	30	31	28	26	19

第十二章 鐵材及鋼材

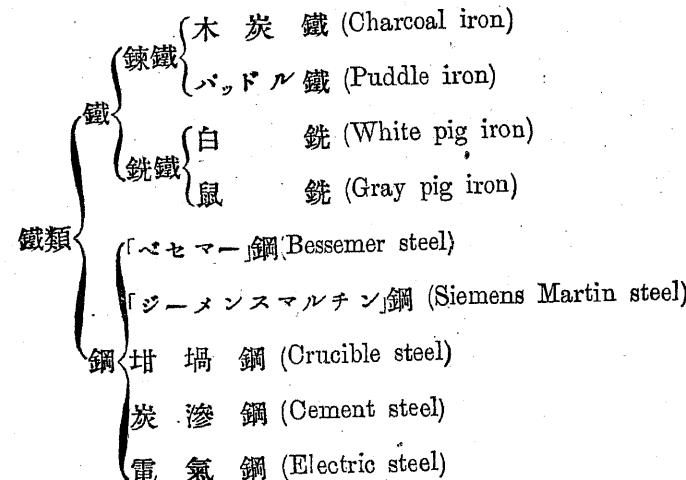
第一節 鐵材及鋼材ノ種類

鐵ノ分類法ハ各國多少其方法ヲ異ニスト雖モ大別セバ大凡次
ノ如シ。



銑鐵ハ炭素ノ量2.6以上ニ達スルモノアリ攝氏1200°内外ニ至リテ熔融シテ流動體トナル鼠銑ハ其炭素黑鉛(Graphite)ノ形狀ヲナシテ鐵粒間ニ挿マレ其質柔軟ニシテ強靭ナリ最モ鑄物ニ適ス白銑ハ結合炭素(Combined carbon)ノ狀態ヲナシテ鐵ト結合ス質脆弱且ツ堅硬ナリ他ノ鐵類ノ原料トシテ使用セラル。可鍛鐵ハ其熔融點攝氏1300°乃至1500°ニ達シ其流動狀態ニ於テ得タルモノ(熔鐵及熔鋼)ハ鑄滓(Slag)ヲ含有セズ半流動狀態若クハ塊粉狀態ニ於テ鐵粒ヲ互ニ相鍛接シテ一塊トシタルモノ(鍊鐵及鍊鋼)ハ多少ノ鑄滓ヲ含有スペシ更ニ細分セバ赤熱以上ノ高溫度ニ於テ急ニ之ヲ冷却セシムレバ著シク其硬度ヲ増進スルモノ乃チ燒入レ(Hardening)ヲ爲シ得ベキモノハ之ヲ鋼(Steel)ト名ケ著シク燒入レヲ爲シ得ザルモノハ之ヲ鐵(Iron)ト云フ之ヲ炭素ノ量ニテ區分スルトキハ

0,5% 以上ナルトキハ燒入レヲ爲シ得ベク 0,5% 以下ナルトキハ之ヲ行フコト難シ大體ニ云ヘバ炭素ノ量 0,5% ハ鐵ト鋼トノ分劃點ナリ以上ハ學術的ノ區分法ニシテ實際市場ニ於テ如斯分類ヲ爲シテ販賣セルモノアルヲ聞カズ要スルニ實際ノ分類法ハ頗ル曖昧ナルモ更ニ其製法ニ依リテ鐵ト鋼トヲ區分スルトキハ



鐵筋混凝土ニ使用スベキ鐵類ハ彈性ニ富ミ適當ノ強度ヲ有スモノ即チ炭素ノ含量少ナキ鍊鐵、「ベセマー」鋼及「ジーメンスマルテン」鋼ノ一部ニ限ルモノニシテ後者ノ二鋼ハ便宜上更ニ軟鋼(Mild or Soft steel) 及硬鋼(Hard steel)ニ二分セラル何レモ判然タル性質ニ依リテ區分シタルモノニアズシテ大凡其含有炭素量 0,3% 乃至 0,5% 以下ヲ軟鋼トシ以上ヲ硬鋼ト稱ス而シテ本邦市場ニ於ケル軟鋼ト稱スルハ熔鐵ヲ指スモノニシテ更ニ俗稱鐵若クハ「ルーモール」ト稱スルハ「巴德爾」鍊鐵、「スウキツル」ト稱スルハ軟鋼ヲ指スモノトス。換言セバ鐵筋混凝土用ノ種類ハ「巴德爾」鍊鐵及軟鋼ノ二種ニシテ其他鑄鐵ハ其應張力弱ク硬鋼ハ其强度大ナルモ

性質脆弱ナルヲ以テ何レモ其使用ノ目的ニ適セズ。

要スルニ學術上及實用上ノ鐵及鋼ハ何レモ多少錯雜シ未ダ其製法ニ從ツテ「ベセマー」鋼、「ジーメンスマルテン」鋼ト云フガ如キ名稱ヲ附シテ市場ニ販賣セルモノ尠キヲ以テ使用者ハ充分ニ其製法ト性質ヲ知リ更ニ其彈性及強度ヲ検定シタル上之ヲ購入スルニアラザレバ思ハザル不覺ヲ取ルコトアルヲ以テ宜シク注意セザルベカラズ。

第二節 鍊鐵

鍊鐵ハ殆ンド純粹ノ鐵ニシテ多少ノ鑄滓(Slag)ヲ含有ス今日一般ニ使用セラル、製法ハ「巴德爾」爐(Puddling furnace)ト稱スル單純ナル反射爐(Reverberatory furnace)ヲ利用スルモノニシテ鍊鐵塊ヲ爐床上ニ裝入シ其重量ノ25乃至50%ノ鐵滓又ハ鐵肌ヲ加エテ盛ニ加熱スルコト三十分ナレバ鍊鐵ハ熔融シ火焰又ハ鐵滓中ノ酸化鐵ノ作用ヲ享ケ其炭素、硅素、滿倦、磷等ハ燃焼ス同時ニ其鐵ハ溶融シ難キ狀態トナリ斯クテ爐床上ニアルコト約一時間後悉ク半流動ノ鍊鐵塊ト變ズベシ之ヲ鐵針ニテ搯上ゲ四五ノ粗塊鐵ト爲シ更ニ之ヲ爐外ニ出シ鐵鎚ニテ敲延シ轉延機(Roll)ニ依リテ充分鐵粒間ノ鑄滓ヲ絞出セシメ初メテ帶形粗鐵ヲ作ルコトヲ得ベシ更ニ帶形粗鐵ヲ切斷シテ束トナシ再ビ爐上ニ堆積シテ熱灼シ之ヲ轉延機ニ掛ケスクノ如ク同一ノ方法ヲ繰返シ回ヲ重ヌルニ從ヒテ遂ニ好良ナル鍊鐵トナルベシ本邦ニテハ未ダ其製煉ヲ爲セル箇所ナシ專ラ英獨二國ヨリ輸入ス其種類ハ英國「ヨークシャイア」鍊鐵(Yorkshire iron),「スタッフォードシャイア」鍊鐵(Staffordshire iron),等ヲ重ナルモノトス鐵筋混凝土工事ニ鍊鐵ヲ使用スルコトハ專

ラ歐洲ノ一部ニ止マリ米國ニアリテハ殆ンド其應用ヲ見ズコレ軟鋼ノ方煉鐵ニ比シテ生産費廉價ニシテ强度殆ンド同等ナレバナリ歐洲ニアリテハ其生産費ハ殆ンド同額ナルモ近來亦漸次軟鋼ノミヲ使用スル傾向ヲ生ズルニ至レリ。

鍊鐵ハ切斷セバ他ノ金屬ニ於テ見ルコトナキ鮮明ナル纖維状態ヲ呈ス良好ノ煉鐵ニアリテハ全面ヲ通シテ纖維等一ニシテ絹状ヲ爲ス煉鐵ハ極メテ高熱ニ於テノミ熔融シ此熔點以下著シキ範圍ノ熱度ニ於テ完全ニ粘態トナルベク此時期ニ於テ容易ニ且ツ完全ニ鍊鐵ノ二片ヲ鍛接(Weld)スルヲ得ベシ冷態ニアリテハ多少柔韌ニシテ高熱ニ曝シ急ニ之ヲ水中ニ冷却セシムルモ焼入レヲ爲スコト能ハズ。

第三節 軟 鋼

鐵筋混泥土ニ於ケル補強鋼材ハ専ラ軟鋼ヲ使用スルコト多ク「ベセマー鋼及ジーメンス・マルチン鋼」ノ二種ヨリ得タルモノナリ。『ベセマー鋼』ハ千八百五十五年英人ヘンリー・ベセマー氏(Henry Bessemer)ノ創意ニ成ル轉爐法(Converter process)ヲ利用シ溶融セル銑鐵ヲ原料トシ之ニ空氣ヲ吹込み炭素及硅素ヲ燃焼除去セシムルモノニシテ爐ノ内壁ハ酸性耐火爐材即チ硅酸質材料ヲ以テ之ヲ塗裡ス從ツテ其製鋼法ヲ名ケテ酸性「ベセマー」法(Acidic Bessemer process)ト云フ此方法ニテハ鑄石中ニ於ケル磷分0.1%以上ノモノハ之ヲ除クコト能ザル爲メ其性質脆弱トナルベシ千八百七十八年トーマス(Thomas)及ギルクリスト氏(Gilchrist)ハ製鋼爐ノ内壁ニ白雲石(Dolomite)ヲ焙燒シ之ニ「コールター」ヲ混ジタルモノヲ使用シ更ニ製鋼ノ際石灰ヲ加フルコトヲ發見シ初メテ完全ニ磷分ヲ驅除

シ得ルニ至レリ之ヲ稱シテ鹽基性「ベセマー」法(Basic Bessemer process)又ハ「トーマス」製鋼法ト云フニ法何レモ別ニ燃料ヲ加ヘズ銑鐵中ニ含有セル元素ノ燃燒酸化ノ熱ヲ利用スルモノニシテ前者ハ硅素含有量0.6%以上ニシテ磷0.1%以下ノモノ後者ハ磷分1.8乃至2.5%ニシテ硅素0.5%以下ノ銑鐵ニアラザレバ之ヲ製鋼スルコト能ハズ轉爐ハ其容量一時ニ銑鐵5噸乃至20噸ヲ容ル、ニ足リ之レニ爐底ニアル數多ノ羽口乃チ小孔ヨリ1.4乃至2.5氣壓ノ壓搾空氣ヲ進入セシメ10分乃至20分ニシテ最初ニ硅素滿俺續イテ炭素ヲ燃燒セシム「トーマス」法ニアリテハ銑鐵ヲ入ル、前更ニ爐中に10%ノ生石灰ヲ加ヘ空氣吹込ノ時間稍々長キノ差アルノミ斯くて得タル鋼材ハ炭素0.1乃至1.0%、滿俺0.8乃至1.2%ヲ有スルモノトナルベシ「ベセマー」法ハ製鋼法中最モ簡易ノモノニシテ重モニ「レール材若クハ版鐵構造用等廉價ノモノヲ作ルニ適ス。

平爐法ニアリテハ銑鐵ト屑鐵トヲ混合熔融シジーメンス式「レゼネレチーヴ」瓦斯(Regenerative gas)ノ高熱ヲ利用シテ反射爐ヲ熱スルモノニシテ發明者「ジーメンス」(Siemens)及「マルチン」(Martin)ニ氏ノ名ニ因ミテ之ヲ「ジーメンス・マルチン」鋼ト云フ此製鋼法ニアリテモ「ベセマー」式ト同ジク酸性式及鹽基性式ノ二種アリ一般ノ鐵鑄ハ磷分ヲ含有スルモノ多キヲ以テ鹽基性ヲ採用セル所多シ(八幡製鐵所ニアルモノハ鹽基性爐ナリ)爐ノ大サハ普通25噸乃至50噸トシ爐内ニ強熱スルニ三四時間ヲ要ス平爐法ニテ得タル鋼ハ其質「ベセマー」鋼ニ優リ最モ鐵筋混泥土用ニ適セリ。

鋼ハ一般ニ粒狀組織ヲ有シ其粒ノ大小色合ハ鋼ノ化學成分及其受ケタル熱度ノ關係ニ依リテ異ナリ炭酸及「クローム」ヲ多量ニ

有スルモノハ粒小ニシテ磷ヲ有スル多キモノハ青色ヲ帶ビ粒又大ナリ溫度ノ高低其時間及冷却ノ遅速ニ依リ其熱セル時間長ク冷却徐々ナルトキハ一般ニ粗粒トナリ軟鋼ハ攝氏 90° ニ於テ最モ細粒トナリ以上再ビ粗粒ト變ズ又之ヲ鍛鍊スルトキハ粒ハ小トナルベシ一般ニ細粒ナルモノハ其性質良好ニシテ脆弱ナラズ。

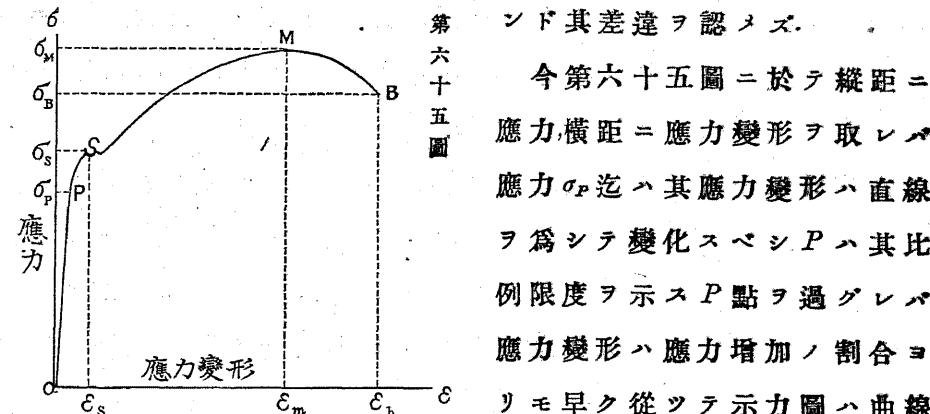
鋼ノ鐵分純粹ナル程可鍛性ニ富ミ炭素,硫黃,磷ノ增加ニ伴ヒ常溫若クハ赤熱脆性(Cold or Hot shortness)ヲ有スペク滿俺ノ少量ハ硫黃ノ害ヲ減殺スルコトヲ得ベシ凡テ高溫度ニ於テ之ヲ鍛鍊スルハ容易ナルモ過度ニ熱スルトキハ粗粒トナリ之ヲ鍛鍊スルトキハ崩壊シ又其韌性ヲ失フベシ即チ鍛鍊スル場合ニハ煉鐵ハ克ク自熱ニ堪ユルモ軟鋼ニアリテハ多少之ヲ低下セシムルヲ要ス即チ鍛鍊性ハ煉鐵ヨリモ少ナシ而カモ炭素ヲ有スルコト煉鐵ヨリモ多キヲ以テ軟鋼ニテモ幾分ノ燒入ヲナスコトヲ得ベシ。

第四節 煉鐵及軟鋼ノ彈性的性質。

可鍛鐵ノ種類ニ屬スルモノハ荷重ヲ受クル毎ニ必ズ多少ノ應力變形(Deformation)ヲ生ジ張力ニ依リテハ長サノ延長(Elongation),斷面ノ收縮(Contraction of area)トナリ壓力ニ依リテ長サノ收縮,斷面ノ膨脹(Bulging)ヲ生ズベシ可鍛鐵殊ニ軟鋼ニアリテハ彈性的性質(Elastic property)ヲ有シ或限度迄ハ其荷重ヲ取去レバ再ビ原狀ニ復歸スベシ此限度ヲ名ケテ彈性限度(Elastic limit)ト云フ此限度ヲ超過スルトキハ一部彈性的一部粘性的(Plastic)性質トナリ荷重ヲ取去ルモ最早原狀ニ復歸セズ多少ノ恒久變形(Permanent set)ヲ生ズベシ此彈性限度ハ鐵及鋼ノ種類ニ依リテ一定セズ又之ヲ實驗的ニ定ムルニハ熟練ト手數トヲ要シ其測定容易ナラザルヲ以

テ一般ニハ比例限度(Limit of Proportionality)ヲ以テ之レニ代用ス即荷重ト應力變形トノ關係ハ一定荷重ノ增加ト共ニ應力變形ガ同一步調ヲ以テ增加スル迄ノ荷重限度換言セバ「フックス氏法則(Hooke's law)」ノ行ハル、最大限度ヲ云フ此限度ヲ實驗的ニ得ルコトハ充分精密ニ之ヲ行フコトモ容易ナリ即チ一般ニハ試驗片ノ斷面一平方mm.ニ付1kgヲ增加スル荷重ノ程度毎ニ其應力變形ヲ測定シ其ニツノ比例限度ヲ定ムルモノニシテ今日ノ程度ニアリテハ $\frac{1}{10000} \text{ mm.迄ノ應力變形ハ相當精密ニ測定シ得ル} \rightleftharpoons$ 以テ應力變形ノ極メテ少ナキ材料ニアリテモ割合ニ比例限度ヲ定ムルコト容易ナリ煉鐵及軟鋼ニアリテハ實際上彈性限度ト比例限度トハ殆

ンド其差違ヲ認メズ。



第六十五圖

今第六十五圖ニ於テ縱距ニ應力・横距ニ應力變形ヲ取レバ應力 σ_p 迄ハ其應力變形ハ直線ヲ為シテ變化スペシ P ハ其比例限度ヲ示ス P 點ヲ過グレバ應力變形ハ應力增加ノ割合ヨリモ早ク從ツテ示力圖ハ曲線ヲ為シ遂ニ S ナル點ニ至レバ應力ノ增加ナクシテ應力變形ハ著シク增加シ茲ニ或陷落ヲ示スペシ此點ヲ名ケテ降伏點(Yieldpoint)ト云フ此點ニ達スレバ分子間ノ結合一度破レテ更ニ粘性的新狀態ヲ加裝スルモノ、如シ 降伏點ヲ過グレバ彈性ト共ニ粘性益々增加シテ再ビ正整ナル應力變形ヲ示スペシ此曲線ノ形ハ加重ノ時間ニ從ツテ多少一樣ナラズ即チ加重ヲ中止スルモ變形ハ依

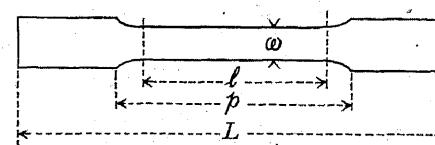
然トシテ繼續シ荷重再び加ハレバ試験片ノ剛性(Rigidity)ハ以前ヨリモ増大シ曲線ハ茲ニ急勾配ヲ示スベシ降伏點ヲ過ギタル後ノ最モ必要ナル點ハM點即チ最大應力ニ達シタル時ナリ之ヲ名ケテ粘性限度(Plastic limit)若クハ最大荷重點(Maximum load point)ト云フM點ヲ過グレバ殆ンド完全ナル粘性ヲ呈シ斷面次第ニ縮小シ(應張試験ニアリテハ)遂ニ試験片ノ或一部ハ著シク伸張シテ應力亦M點ニ於ケルモノヨリモ減少シ遂ニB點ニ達シテ切斷スペシ之ヲ名ケテ切斷點(Breaking point)ト云フ。

以上ノ經過中試験片ノ延長ハ其標長(Gauge length)ヲ通ジテ一様ナラズ勿論切斷點ノ附近ニ於テ其率最モ大ニシテ其上下ニ遞次減少シ終端ニ近ク最少ナリ普通試験片ノ標長ハ8"乃至10"ニシテ其延長率(Coefficient of elongation)ハ此長サヲ標準トシ收縮率(Coefficient of contraction)ハ原斷面ヲ標準トシテ換算ス。

應壓試験ヲ施シタル結果ハ上記應張力試験ノ場合ニ比シテ降伏點迄ハ大同小異ナルモ降伏點ヲ過グルノ後ハ其壓縮ノ度無限ニシテ特殊ニ注意スペキ點アルコトナシ故ニ降伏點ニ達シタルトキヲ以テ同時ニ最大應壓強度ニ達シタルモノト見做スヲ常例ナリトス。

鐵材試験片ノ寸法ハ各國多少ノ相違アリ。大英國スタンダード

第六十六圖

總長 $L = 18"$

ド・コンミッチャー(British Standard Committee)ノ採用セルモノハ版
鐵桁梁及柱用鋼ニアリテハ第六十六圖ノ如ク。

肩間長 $p \leq 9"$ 標長 $l = 8"$

$$\text{幅 } w = \begin{cases} \text{厚 } \frac{7}{8}" \text{ 以上, 最大幅} = 1\frac{1}{2}" \\ " \frac{3}{8}" - \frac{7}{8}", " = 2" \\ " \frac{3}{8}" \text{ 以下, " } = 2\frac{1}{2}". \end{cases}$$

圓鉗, 角鉗等ニアリテハ

直徑1"以下 標長 $\leq 8d$ (d ハ直徑).....(33)終端大ナルトキハ 標長 $\leq 9 \times$ 最小部直徑.....(34)直徑1"以上 標長 $\leq 4d$ (35)終端大ナルトキハ 標長 $\leq 4\frac{1}{2} \times$ 最小部直徑.....(36)

佛國「コンミッショソ」(French Commission)ニテハ。

 $P = 66,67 A$ (A ハ断面積凡テ「メトリック單位」).....(37) $P = 81 A$ (吋單位)(38)故ニ方形斷面ナレバ $l = 9b$ (39)圓鉗ナレバ $l = 8d$ (40)

獨國「コンミッショソ」(German Commission)ニテハ

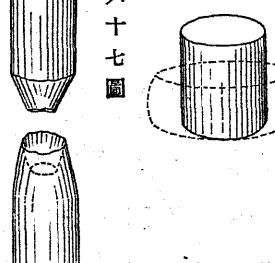
 $l = 11,3\sqrt{A}$ (凡テ「メトリック單位」).....(41)

故ニ圓鉗ナレバ
 $l = 10d$ (42)

方形ナレバ
 $l = 11,3b$. (b ハ邊ノ長)(43)

軟鋼ノ種類ニアリテハ伸張ニ對スル切
斷狀態ハ第六十七圖ノ如ク軸線ニ直角
ヲ爲ナズシテ 45° ノ角度ニ圓錐狀ヲ爲シ

第六十七圖



壓縮狀態ニアリテハ第六十八圖ノ如ク樽形ヲ呈スベシ。

第五節 煉鐵ノ強度

鍊鐵ノ纖維ニ沿フテノ應張強ハ 45000 乃至 55000 kg/cm^2 ニシテ同一材料ニテモ大鉄或ハ厚版ヨリハ小鉄若クハ薄版ノ方強度大ナリ見掛ケノ彈性限度(Apparent elastic limit)ハ $\frac{3}{8}$ "鉄ニテ 40000 kg/cm^2 , 2"鉄ニテ 23000 kg/cm^2 即チ殆ンド其降伏點ト同一ナリ實際ノ彈性限度(True elastic limit)ハ見掛ケノ彈性限度ヨリハ 5000 kg/cm^2 乃至 7000 kg/cm^2 小ニシテ少クトモ其極強ノ半バニ達ス。伸張率ハ標長8"ニ付テモ普通 8 乃至 12%, 好良ナル「ルーモア」鐵ニ至リテハ 25%ニ達スルコトアリ。減積率ハ更ニ其 50% 位大ナリ。纖維ニ直角ナル應張強ハ之ニ沿フテノ應張強ニ比シテ約 $\frac{1}{4}$ ナリトス。

應壓強ハ他ノ材料ト均シク實際ニ其降伏點ト同ジトセバ約 30000 乃至 40000 kg/cm^2 ニシテ應剪極強ハ纖維ニ對スル方向ニ依リテ多少異ナリト雖モ平均應張強度ノ 80%ニ當リ彈性係數ハ張力壓力共ニ著シキ差違ヲ認メズ大凡 27500000 ヨリ 30000000 ニ至ル。

普通供試片ヲ取リテ其折曲グ試験ヲ施行スルコト多シ鍊鐵ノ場合ニハ冷態ニアリテ供試片直徑ノ二倍ニ相當スル直徑ヲ有スル曲線ノ周リニ 180°ノ折曲ケヲ爲スモ裂縫ノ徵候ヲ呈セザルモノナラザル可ラズ。

第六節 軟鋼ノ強度

鐵筋混凝土ニ使用スベキ軟鋼ハ「ジーメンス・マルテン鋼」ノ方セマー鋼ニ優ルベシ何トナレバ前者ハ其性質等調ニシテ往々後者ニ見ル如キ脆性ヲ有セザレバナリ一般ニ云ヘバ軟鋼ノ應張強ハ 55000 乃至 70000 kg/cm^2 ニシテ其見掛ケノ彈性限度ハ極強度ノ 60

乃至 70%ニ當リ實際ノ彈性限度ハ 50%ヨリ小ナラズ 60%ヨリ大ナラザルヲ要ス伸張率ハ試験片ノ標長8"ノ場合ニ於テ 22%ヨリ少ナカル可ラズ而シテ冷態ノ儘鉄ノ厚サ若クハ直徑ニ等シキ曲線ヲ爲シテ 180°即チ扁平ニ之ヲ折曲グルモ其外側ニ裂縫ヲ生ゼザルモノタルベシ直徑 1"ヲ超過スル鉄ニアリテハ伸張率ハ直徑ノ四倍ニ當ルベキ標長ニテ測リ 27%ヨリ少ナカル可ラズ減積率ハ 40 乃至 60%タルベシ。

應壓強度ハ略ボ見掛ケノ彈性強度ニ等シ其彈性係數ハ鋼ノ凡テノ種類ヲ通ジテ殆ンド相同シ若シ鋼ニシテ更ニ高キ彈性係數ヲ與ヘシムルコトヲ得バ殊ニ鐵筋混凝土工ニ適當ナルベシ何トナレバ彈性係數ノ值大ナル程或荷重ニ堪ニル撓度小ナルベケレバナリ然カモ彈性係數ハ殆ンド一定ノ值ヲ有シ普通平値均 3000000 ヲ採用ス(最小 29000000 最大 31000000) 精密ニ云ヘバ應壓強ニ於ケル彈性係數ハ應張強ニ於ケルヨリモ少シク大ナリ。

一般ニ軟鋼ニアリテハ見掛ケノ彈性限度ニ達シタルトキ其強度俄然 5000 乃至 6000 kg/cm^2 ヲ減シ半バ粘性ト變ジ強度ハ再び増進シ同時ニ其應力變形モ著シク增加スベシ 溫度ニ對スル伸縮率ハ含有炭素量ノ增加ニ伴ヒテ下降シ平均華氏一度ニ付 0.0000065ニ至ル。應剪強度ハ一般ニ 47000 乃至 50000 kg/cm^2 トス。

第七節 使用鐵材若クハ鋼材ノ形狀

鐵筋混凝土ニ使用スル鐵材若クハ鋼材ノ最モ普通ナルモノハ圓鉄ニシテ圓鉄ハ混凝土内ニアル氣泡ノ脫出ト其搗固トヲ容易ニシ更ラニ混凝土内ニ角銳狀ニ切込ムヲ避ケ得ベシ去レド矩鉄若クハ角鉄ニ比シテ混凝土トノ粘着力稍々小ナリ其使用直徑

ハ床ニ對シ $\frac{1}{4}$ " 乃至 $\frac{3}{8}$ " ヨリ桁梁ニ對シ $1\frac{1}{2}$ " 乃至 $2\frac{1}{2}$ " ニ至ル。

粘着力ヲ大トスル爲メ屢々角鉤, 平鐵, 螺旋鐵等ヲ用フルコトアリ其他 +, L, I, S 及△形ノ各斷面モ亦其應用尠ナカラズ。

以上ノ外混泥土トノ粘着力ヲ増加スル爲メ特殊ノ形狀ヲ具フル鐵鉤ノ特許ヲ有スルモノ甚ダ多ク其應用殊ニ米國ニ盛ンナリ今其重ナルモノ二三ヲ舉グレバ 1)「ランサム式扭鉤」(Ransome's twisted bar)ハ第六十九圖ノ如ク角鉤ヲ其長サニ沿フテ扭リタル形ニシテ断面ハ各側 $\frac{1}{8}$ " 乃至 $2\frac{1}{2}$ " ニ至リ長サ $1'$ ニ對スル扭リノ數 7 乃至 $1\frac{1}{10}$ " ニ至ル 2) 痂付扭鉤 (Cold twisted lug bar) ハ第七十圖ノ如ク「ランサム式」同様ナルモ同時ニ散在セル突起疣ヲ有スルモノニシテ其直徑 $\frac{1}{4}$ " ヨリ $1\frac{1}{2}$ " ニ至ル 3) 「ジョンソン式」齒形鉤 (Johnson's corrugated bar) ハ第七十一圖以下第七十三圖ノ如ク角鉤, 圓鉤及平鉤ノ三種アリ角鉤ハ各側 $\frac{1}{4}$ " 乃至 $1\frac{1}{4}$ " ヲ有シ圓鉤ハ直徑 $\frac{3}{8}$ " 乃至 $1\frac{1}{4}$ " ニ至リ平鉤ハ其断面 $\frac{1}{4}" \times 1"$ 乃至 $\frac{3}{8}" \times 2\frac{1}{2}"$ ニ至ル何レモ軟鋼ヲ用キズ重モニ富炭素鋼 (High carbon steel) ヨリ壓延セラル其極強度畧ボ $100000\text{kgf}/\text{cm}^2$, 彈性限度 50000 乃至 $60000\text{kgf}/\text{cm}^2$ ニ至ル從ツテ普通ノ軟鋼ヲ用フル場合ニ比シテ其所要量 70%

第六十九圖



第七十圖



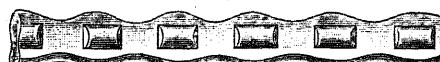
第七十一圖



第七十二圖



第七十三圖



第七十四圖



第七十五圖



第七十六圖



第七十七圖



ニテ充分ナリト云フ

4) 「サッシャー」鉤 (Thatcher bar) ハ第七十四圖ノ如ク特殊ノ形狀ヲ有シ凡テ角銳隅端若クハ急激變形ヲ用キズ順次的變化ヲ與ヘテ混泥土ヲ切裂剪斷スルコトヲ避ケタリ其寸法ハ虛徑 (Nominal diameter) $\frac{1}{4}$ " 乃至 $2\frac{1}{2}$ " ニ至ル 5) 「ダイヤモンド」鉤 (Diamond bar) モ亦「サッシャー」式ノ一種ニシテ第七十五圖ノ如ク直徑 $\frac{1}{4}$ " 乃至 $1\frac{1}{2}$ " ヲ有ス 6) 「カップ」

鉤 (Cup bar) ハ第七十六圖ノ如ク其形「ジョンソン式」圓鉤 = 類似シ直徑 $\frac{3}{8}$ " 乃至 $1\frac{1}{4}$ " ニ至ル 7) 「ドウ・マン」鉤 (De Man Bars) ハ平鐵ヲ使用シ第七十七圖ノ如ク特殊ニ扭リタル形ヲ有シ版ノ厚 $\frac{1}{10}$ " ヨリ $\frac{1}{4}$ " ニ至リ幅 $\frac{1}{4}$ " 乃至 $1\frac{1}{2}$ " ニ至ル重ニ鑄滓混泥土ト共ニ使用スルコト多シ。

其他「カーン式」(Kahn Bar), 「エキスパンデッド・メタル式」(Expanded metal), 「ヘーヴェーメー」式 (Havemager Bar), 「モノリス」式 (Monolith Bar), 「ドウカス」式 (Doucas wave bar), 「ホーマン」及「ロッジヤー」式 (Homan and Rodgers bar), 「ヘンマン」式 (Henmann bar), 「フランケ」式 (Franke bar) 等數十種アルモ前者ハ之ヲ様式論ニ於テ説述スペク他ハ未ダ嘗テ本邦

ニ輸入シタルコトナキヲ以テ暫ク茲ニ之ヲ省畧スペシ。